



Белгородский  
государственный  
национальный  
исследовательский  
университет  
1876

ISSN 2712-7443 (online)

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

# REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



2025. Том 49, № 2

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

## 2025. Том 49, № 2

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)

#### 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)

*Тишкин 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)

*Куролап 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 (Моргантан, США)

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

*Чендей 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.

Выпускающий редактор Ю.В. Мишенина. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Н.А. Вус. Редактор англоязычных текстов Е.С. Данилова. E-mail: goleusov@bsuedu.ru.

Гарнитуры Times New Roman, Arial, Impact. Уч.-изд. л. 21,0. Дата выхода 30.06.2025. Оригинал-макет подготовлен центром полиграфического производства НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 205 **Достовалова М.С., Инишева Л.И., Инишев Н.Г.**  
Физико-географические факторы болотообразовательного процесса на горных территориях Сибири
- 220 **Кочуров Б.И., Чёрная В.В., Блинова Э.А., Бирюкова Е.В.**  
Зелёная инфраструктура города в развитии инклюзивного экотуризма
- 231 **Булатова Г.Ф., Дюрягина Ю.Ю.**  
Имиджевая политика Республики Татарстан в сфере туризма
- 241 **Мамедова Д.А.**  
Современное положение и особенности развития зернового хозяйства в Газах-Товузском экономическом районе
- 255 **Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М.**  
Влияние экстремальных гидрометеорологических явлений на развитие флишевого абразионного берега
- 270 **Низамзаде Т.Н.**  
Проблемы межевания земельных паёв как препятствие к их консолидации и получение земельных субсидий
- 282 **Гура Д.А., Велибекова М.М., Тихонов Т.А.**  
Возможность внедрения модуля трехмерной идентификации объектов недвижимости в сервисы национальной системы пространственных данных
- 294 **Боровлев А.Ю., Денисова И.В., Новиков А.Д.**  
Влияние русловых процессов реки Вычегды на функционирование инфраструктурных объектов в границах города Сыктывкара
- 308 **Дегтярева Л.В., Попова Н.В., Азизов Э.Р.**  
Азот в поровых водах донных отложений Северного Каспия
- 319 **Непомнящий В.В., Макеева Е.Г.**  
Роль климатических ресурсов в формировании рекреационного потенциала Республики Хакасия
- 337 **Седельников И.А., Мажитова Г.З.**  
Оценка туристско-климатического потенциала территории Северо-Казахстанской области
- 350 **Нгуен Ч.Х., Куролап С.А., Нестеров Ю.А.**  
Пространственно-временная динамика концентраций диоксида азота в атмосфере Северо-Восточного Вьетнама
- 363 **Прохоров В.А.**  
Технологии утилизации отходов г. Якутска
- 375 **Рзаева С.И., Мамедова А.Р., Мирзаева З.А., Гусейнова Т.М.**  
Влияние качества окружающей среды на расселение и здоровье населения Баку
- 389 **Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В.**  
Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа

# REGIONAL GEOSYSTEMS

## 2025. Volume 49, No. 2

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 introduced in Russian Science Citation Index (РИНЦ).

**Founder:** Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».

**Publisher:** Belgorod National Research University «BelSU».

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

### EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

#### Chief Editor

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

#### Issuing Editor

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

#### Responsible Secretary

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

#### Members of 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, Chișinău 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 (BSU, 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.

Commissioning Editor Yu.V. Mishenina. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by N.A. Vus. English text editor E.S. Danilova. E-mail: goleusov@bsuedu.ru. Typefaces Times New Roman, Arial, Impact. Publisher's signature 21.0. Date of publishing 30.06.2025. Dummy layout has been prepared by Belgorod National Research University Centre of Polygraphic Production. Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

## CONTENTS

- 205 **Dostovalova M.S., Inisheva L.I., Inishev N.G.**  
Physical and Geographical Factors of the Swamp-Forming Process in the Mountainous Territories of Siberia
- 220 **Kochurov B.I., Chernaya V.V., Blinova E.A., Biryukova E.V.**  
Green Infrastructure of the City in the Development of Inclusive Ecotourism
- 231 **Bulatova G.F., Dyuryagina Yu.Yu.**  
Image Policy of the Republic of Tatarstan in the Field of Tourism
- 241 **Mamedova D.A.**  
Current Situation and Features of Grain Farming Development in the Gazakh-Tovuz Economic Region
- 255 **Krylenko M.V., Krylenko V.V., Chistyakov A.M.**  
The Influence of Extreme Hydro-Meteorological Phenomena on the Development of Abrasive Flysch Shore
- 270 **Nizamzade T.N.**  
Land Surveying Problems as an Obstacle to Land Share Consolidation and Farmer Subsidies
- 282 **Gura D.A., Velibekova M.M., Tikhonov T.A.**  
The Possibility of Implementing a 3D Real Estate Identification Module in a National Spatial Data System
- 294 **Borovlev A.Yu., Denisova I.V., Novikov A.D.**  
Impact of Channel Processes in the Vyчegda River on Infrastructure Facilities Functioning in Syktyvkar
- 308 **Degtyareva L.V., Popova N.V., Azizov E.R.**  
Nitrogen in the Pore Waters of the Northern Caspian Bottom Sediments
- 319 **Nepomnyaschiy V.V., Makeeva E.G.**  
Climatic Resources and Recreational Potential of the Republic of Khakassia
- 337 **Sedelnikov I.A., Mazhitova G.Z.**  
Assessment of the Tourist and Climatic Potential of the North Kazakhstan Region
- 350 **Nguyen T.H., Kurolap S.A., Nesterov Yu.A.**  
Spatiotemporal Dynamics of Atmospheric Nitrogen Dioxide Concentrations over Northeastern Vietnam
- 363 **Prokhorov V.A.**  
Waste Disposal Technologies in Yakutsk
- 375 **Rzayeva S.I., Mammadova A.R., Mirzayeva Z.A., Huseynova T.M.**  
The Impact of Environmental Quality on Population Settlement and Health in Baku
- 389 **Dyakova N.A., Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V.**  
Ecological Assessment of Urbogenic Soils in the City of Voronezh

УДК 553.97.042+551.631.615(470.22)  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-205-219  
EDN ADEEAR

## Физико-географические факторы болотообразовательного процесса на горных территориях Сибири

<sup>1</sup>Достовалова М.С., <sup>2</sup>Инишева Л.И., <sup>3</sup>Инишев Н.Г.

<sup>1</sup>АО «Геологическое предприятие «Алтай-Гео»,  
Россия, 649100, Республика Алтай, с. Майма, ул. Заводская, 52

<sup>2</sup>Томский государственный педагогический университет,  
Россия, 634061, г. Томск, ул. Киевская, 60

<sup>3</sup>Томский государственный университет,  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36  
aya.toyma@yandex.ru, inisheva@mail.ru, inishev.n@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проведен анализ климатических, геолого-геоморфологических и гидрологических условий процесса заболачивания на территории Горного Алтая. Представлена характеристика поверхностных и подземных вод. Большое внимание уделено литологическому составу подстилающих пород и геокриологическому фактору процесса заболачивания. На основе этих условий предварительно определена пространственно-временная закономерность болотообразовательного процесса. В настоящий период по территории Горного Алтая выявлено 213 заболоченностей, заболоченных земель и болот и это только небольшая часть имеющихся болот на территории. Приведены исследования на 13 торфяных месторождениях в низкогорной и среднегорной зонах Горного Алтая. Предложено продолжить изучение болот Горного Алтая и в дальнейшем разработать эколого-хозяйственные фонды торфяных ресурсов, в том числе приоритетный охраняемый целевой фонд. Некоторые месторождения торфа рекомендовано использовать в хозяйственных и бальнеологических целях, что представляет большую перспективу для развития курортного бизнеса Республики Алтай.

**Ключевые слова:** болотообразовательный процесс, Горный Алтай, факторы, заболоченность, заболоченные земли, торфяные месторождения, эколого-хозяйственный фонд

**Для цитирования:** Достовалова М.С., Инишева Л.И., Инишев Н.Г. 2025. Физико-географические факторы болотообразовательного процесса на горных территориях Сибири. Региональные геосистемы, 49(2): 205–219. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-205-219 EDN: ADEEAR

## Physical and Geographical Factors of the Swamp-Forming Process in the Mountainous Territories of Siberia

<sup>1</sup> Marina S. Dostovalova, <sup>2</sup> Lidia I. Inisheva, <sup>3</sup> Nikolay G. Inishev

<sup>1</sup>AO Altai-Geo Geological Enterprise,  
52 Zavodskaya St, Maima village, Altai Republic 649100, Russia

<sup>2</sup>Tomsk State Pedagogical University,  
60 Kievskaya St, Tomsk 634061, Russia

<sup>3</sup>Tomsk State University,  
36 Lenin Av, Tomsk 634050, Russia  
aya.toyma@yandex.ru, inisheva@mail.ru, inishev.n@yandex.ru

**Abstract.** The article analyzes the climatic, geological, geomorphological and hydrological conditions of the paludification process in the Gorny Altai. The characteristics of surface and groundwa-ter are

presented. Much attention is paid to the lithological composition of the underlying rocks and the geocryological factor of the paludification process. Based on these conditions, the spatio-temporal pattern of the paludification process is preliminarily determined. At present, 213 water-logged areas, peat covered areas and peat deposits have been identified in the Gorny Altai, and this is only a small part of the existing swamps in the territory. The article presents the results of studies of 13 peat deposits in the low-mountain and mid-mountain zones of the republic. It is proposed to continue the study of the Gorny Altai swamps and in the future to develop ecological and economic funds of peat resources, including a priority protected target fund. Some peat deposits are recommended to be used for economic and balneological purposes, which is a great prospect for the development of the resort business in the Altai Republic.

**Keywords:** paludification process, Gorny Altai, factors, waterlogged area, peat covered areas, peat deposits, ecological and economic fund

**For citation:** Dostovalova M.S., Inisheva L.I., Inishev N.G. 2025. Physical and Geographical Factors of the Swamp-Forming Process in the Mountainous Territories of Siberia. *Regional Geosystems*, 49(2): 205–219 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-205-219 EDN: ADEEAR

## Введение

Мировое сообщество, начиная с конца XX века, стремится в рамках каждой страны найти в природопользовании приемлемые компромиссы между экологическими и социально-экономическими императивами [Reed et al., 2015; Zhang et al., 2016; Scholes et al., 2018]. В полной мере это относится и к болотным экосистемам. Важность этой проблемы для России определяется масштабом заболоченности ее земель: более 1/5 территории – оторфованные земли, в которых сосредоточен громадный пул биогенного углерода – 113,5 млрд. т [Вомперский и др., 1994; Vompersky et al., 2011; Global Peatland Database, 2025]. Это свидетельствует о большой биосферной роли болот России и в глобальном цикле углерода. Торфяные болота – это уникальные природные образования, выполняющие ряд средообразующих функций: консервируют запасы пресной воды, в существенной мере определяют водный и гидрологический режимы территории, служат естественными фильтрами, поглощающими токсичные элементы из атмосферы. В последнее время доказано влияние торфяных болот на климат биосфера [Leifeld et al., 2019; Qiu et al., 2021; Сирин, 2022]. Важно оценить динамику прошлых и современных природных процессов в формировании торфяных болот как в естественном состоянии, так и при антропогенном воздействии для обоснования оптимизации природопользования на торфяных болотах с учетом их экологической значимости [Исаченко, 2021; Робертус, 2021].

В национальном докладе [Проблемы деградации земель ..., 2019] отмечены особенности горных ландшафтов, которые отличаются неустойчивостью и особой уязвимостью перед природными и антропогенными воздействиями. Поэтому анализ состояния горных территорий с их специфическими факторами болотообразовательного процесса требует особого внимания. Многообразие природы болот в географически разных условиях определяет неодинаковость проявления болотами биосферных и средообразующих функций.

Процессы заболачивания и торфонакопления в горных районах имеют подчиненное значение и, возможно, по этой причине слабо изучены. Это также характерно и для болот на территории Горного Алтая, но отдельные работы можно привести [Волкова, 2011; Blyakharchuk et al., 2024].

Алтай расположен в юго-восточной части Западной Сибири, в географическом отношении соответствующей северо-восточной части Алтайской горной страны (территория Республики Алтай). Это страна с чрезвычайно разнообразным рельефом, представляющая

собой сложную систему хребтов, глубоких речных долин и широких межгорных котловин. В Горном Алтае отчетливо выражено увеличение абсолютных высот с севера, северо-запада на юг, юго-восток, что способствует разделению территории на три высотных пояса – низкогорный, среднегорный, высокогорный [География Сибири..., 2016]. Характерной чертой Горного Алтая является сочетание альпинотипных и уплощенных горных хребтов, узких и широких долин, переходящих в межгорные незамкнутые впадины и другие котловины (степи) и котловинообразные, в основном линейные понижения рельефа. Разнообразие рельефа в совокупности с другими физико-географическими факторами определяют особенности болотообразовательного процесса этой территории. При этом важно отметить, что тенденция болотообразования определяется не приоритетным явлением какого-либо одного из нижерассмотренных факторов, а характером взаимодействия всего их комплекса, что отражается на генезисе болотных систем, темпах торфонакопления, стратиграфии торфяных отложений, составе и структуре растительных сообществ [Исаченко, 2021; Робертус, 2021]. Целью данной статьи является оценка влияния всего комплекса физико-географических факторов на территории Горного Алтая в голоцене на болотообразовательный процесс, познание генезиса, пространственно-временных закономерностей развития этого процесса, а также определение направления рационального использования торфяных ресурсов этой территории.

## Объекты и методы исследования

С целью выявления и последующего обследования торфяных болот провели анализ картографического материала, аэро- и космоснимков и обобщили результаты работ, отраженные в фондовых отчетах и публикациях по всей территории Горного Алтая. В 2007–2010 гг. были проведены экспедиции на территории Северо-Восточного, Центрального и Юго-Восточного Горного Алтая [Инишева и др., 2008; Inisheva, Shurova, 2009].

В процессе обследования описывали растительный покров, мощность торфяной залежи и отбирали образцы торфа торфяным буром ТБГ-1 на химический анализ в местах наибольшей глубины залежи. На отдельных болотах провели дополнительное обследование для уточнения некоторых характеристик (площади и глубины и др.), используя метод наложения сети опробования [Инструкция по разведке ..., 1983]. Ботанический состав и степень разложения были определены Е.Я. Мульдяровым по [ГОСТ 28245.2–89, 1989], зольность согласно [ГОСТ 11306–83, 1995]. Датирование ТЗ выполнено на радиоуглеродной установке *QUANTULUS-1220* (бензольно-сцинтиляционный вариант) в лаборатории геологии и палеоклиматологии кайнозоя Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).

## Результаты и их обсуждение

Важную роль в болотообразовательном процессе имеют орографические условия территории, но триггерными факторами процессов болотообразования являются гидро-геологические, гидрологические и метеорологические условия в совокупности с климатической зональностью территории, определяющие режим питания болот.

Климатическое разнообразие Горного Алтая определяется его территориальным положением: на сочленении трех регионов с весьма контрастными климатами – западносибирским, монгольским и среднеазиатским [Сухова, Журавлева, 2018]. Температурный режим и режим увлажнения местности подчинен орографической зональности территории, что достаточно четко прослеживается при сравнении показателей низкогорных метеостанций со среднегорными и высокогорными станциями. Среднегодовые температуры воздуха снижаются по мере увеличения абсолютных высот, изменяясь от +3,1 °C в низкогорной зоне до –3,7 °C на высокогорных территориях (табл. 1).

Режим увлажнения территории, помимо орографической зональности, зависит от структурно-геологических особенностей местности. Количество осадков уменьшается в направлении с севера на юг, при этом в среднегорных и высокогорных территориях значения осадков варьируют в зависимости от структурно-геоморфологической приуроченности местности к засушливым межгорным котловинам, либо к долинам горных рек (табл. 2). Наиболее увлажненным районом Алтая является орографический узел, где сближаются хребты Холзун, Убинский, Ульбинский и другие. Здесь выпадает более 1500 мм осадков. Вторым по влажности районом является Северо-Восточный Алтай с количеством осадков от 800 до 1000 мм и более [Модина, Сухова, 2007].

Таблица 1  
 Table 1

Климатические нормы температурного режима (по данным Горно-Алтайского ЦГМС)  
 Climatic norms of the temperature regime  
 (according to the Gorno-Altaisk Centre of Hydrometeorology and Monitoring of the Environment)

Название станции	Климатические нормы температуры воздуха за период 1991–2020 гг.												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
низкогорная зона													
Кызыл-Озек	-14,1	-11,9	-4,6	5,2	12,0	17,1	19,0	16,9	10,7	4,1	-5,4	-11,5	3,1
Турочак	-17,2	-13,5	-4,9	4,5	11,5	17,0	19,2	16,8	10,1	3,0	-6,8	-14,4	2,1
Чемал	-11,7	-9,2	-1,5	6,7	12,5	17,4	19,1	17,1	11,2	5,1	-3,3	-9,1	4,5
Яйлю	-8,0	-6,9	-1,6	4,8	10,1	15,0	17,6	16,1	10,4	4,8	-2,1	-6,1	4,5
среднегорная зона													
Шебалино	-12,4	-10,2	-3,5	4,3	10,0	14,9	16,6	14,7	9,1	3,2	-5,0	-10,0	2,6
Усть-Кан	-16,1	-13,3	-5,1	3,0	8,8	13,9	15,6	13,5	7,5	1,1	-7,9	-13,6	0,6
Онгудай	-19,4	-15,1	-4,5	5,2	10,8	15,9	17,5	15,2	8,9	1,7	-8,8	-16,6	0,9
Усть-Кокса	-20,0	-15,8	-6,0	4,4	10,2	15,1	16,8	14,7	8,6	1,5	-8,5	-16,9	0,3
Катанда	-21,0	-16,4	-6,4	4,3	10,1	15,0	16,5	14,3	8,1	0,9	-9,4	-18,0	-0,2
высокогорная зона													
Кош-Агач	-27,3	-22,5	-10,5	1,0	7,4	13,5	15,3	13,1	6,6	-2,2	-14,7	-24,0	-3,7
Кара-Тюрек	-16,4	-15,1	-11,0	-5,0	-0,1	5,7	7,7	6,3	0,8	-5,0	-11,2	-14,7	-4,8
Ак-Кем	-16,8	-14,8	-9,6	-2,0	3,6	8,5	10,1	8,3	3,2	-3,2	-10,2	-14,6	-3,1

В годовом ходе распределения атмосферных осадков отмечается резкое преобладание жидких осадков над зимними осадками. Минимальная средняя величина снежного покрова характерна для среднегорных (10 см) и высокогорных впадин (10 см) с недостаточным режимом увлажнения, наибольшая высота снега отмечается в низкогорной зоне со средним и избыточным увлажнением (59–88 см). Небольшое промерзание грунтов характерно для низкогорного Алтая (28–37 см), максимальное – в высокогорных впадинах Юго-Восточного Алтая (> 300 см).

Таблица 2  
Table 2

Климатические нормы режима увлажнения (по данным Горно-Алтайского ЦГМС)  
Climatic norms of the humidification regime (according to the Gorno-Altaisk Centre of  
Hydrometeorology and Monitoring of the Environment)

Название станции	Климатические нормы месячной суммы осадков за период 1991–2020 гг.												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
низкогорная зона													
Кызыл-Озек	22	23	32	62	86	90	113	93	72	58	48	34	733
Турочак	31	27	36	60	84	83	106	89	72	68	67	53	776
Чемал	8	9	16	40	65	88	111	86	50	28	22	11	534
Яйлю	15	16	30	82	113	116	147	119	93	71	49	27	878
среднегорная зона													
Шебалино	9	10	19	40	61	88	123	87	49	28	22	11	547
Усть-Кан	3	4	10	30	43	70	78	56	32	22	13	6	367
Онгудай	7	6	10	24	48	67	78	64	35	21	18	10	388
Усть-Кокса	13	12	13	32	55	76	77	69	48	35	26	19	475
Катанда	10	9	11	30	56	70	77	68	39	28	22	17	437
высокогорная зона													
Кош-Агач	2,8	1,3	1,1	4,2	8,6	22,4	35,3	27,5	6,8	4,4	5,5	3,4	123,3
Кара-Тюрек	13	16	23	48	67	75	90	90	60	44	35	21	582
Ак-Кем	6	7	13	38	72	100	109	105	56	32	18	11	567

Таким образом, территория Горного Алтая, в зависимости от орографических условий, режима увлажнения и температуры воздуха, условно поделена на ландшафтно-климатические зоны (рис. 1).

Важную роль в режиме питания болот имеет гидрологический фактор. Густота речной сети на территории Горного Алтая значительная (1–2 км/км<sup>2</sup>), извилистость рек слабая и очень слабая (коэффициент извилистости менее 1,6) [Атлас Алтайского края, 1991]. Гидрохимические характеристики поверхностных вод изменяются с севера на юг. В низкогорном поясе они имеют минерализацию от 0,01 до 0,5 г/л, гидрокарбонатно-кальциевый, кальциево-магниевый, реже кальциево-натриевый состав, по степени жесткости воды мягкие и умеренно жесткие (1,5–6 мг-экв/л). Поверхностные воды, развитые в пределах среднегорного пояса, характеризуются также повышенной минерализацией (0,05–0,5 г/л), мягкой и умеренной жесткостью (1,5–6,0 мг-экв/л) и гидрокарбонатным кальциевым, редко магниево-кальциевым составом. Состав поверхностных вод высокогорного сухостепного пояса варьирует от гидрокарбонатного магниево-кальциевого, кальциевого до сульфатно-(хлоридно)-гидрокарбонатного магниево-кальциевого с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л. По степени жесткости воды относятся к мягким, умеренно жестким [Бородина, Бородина, 2019; Безматерных, Вдовина, 2024; Puzanov et al., 2024].

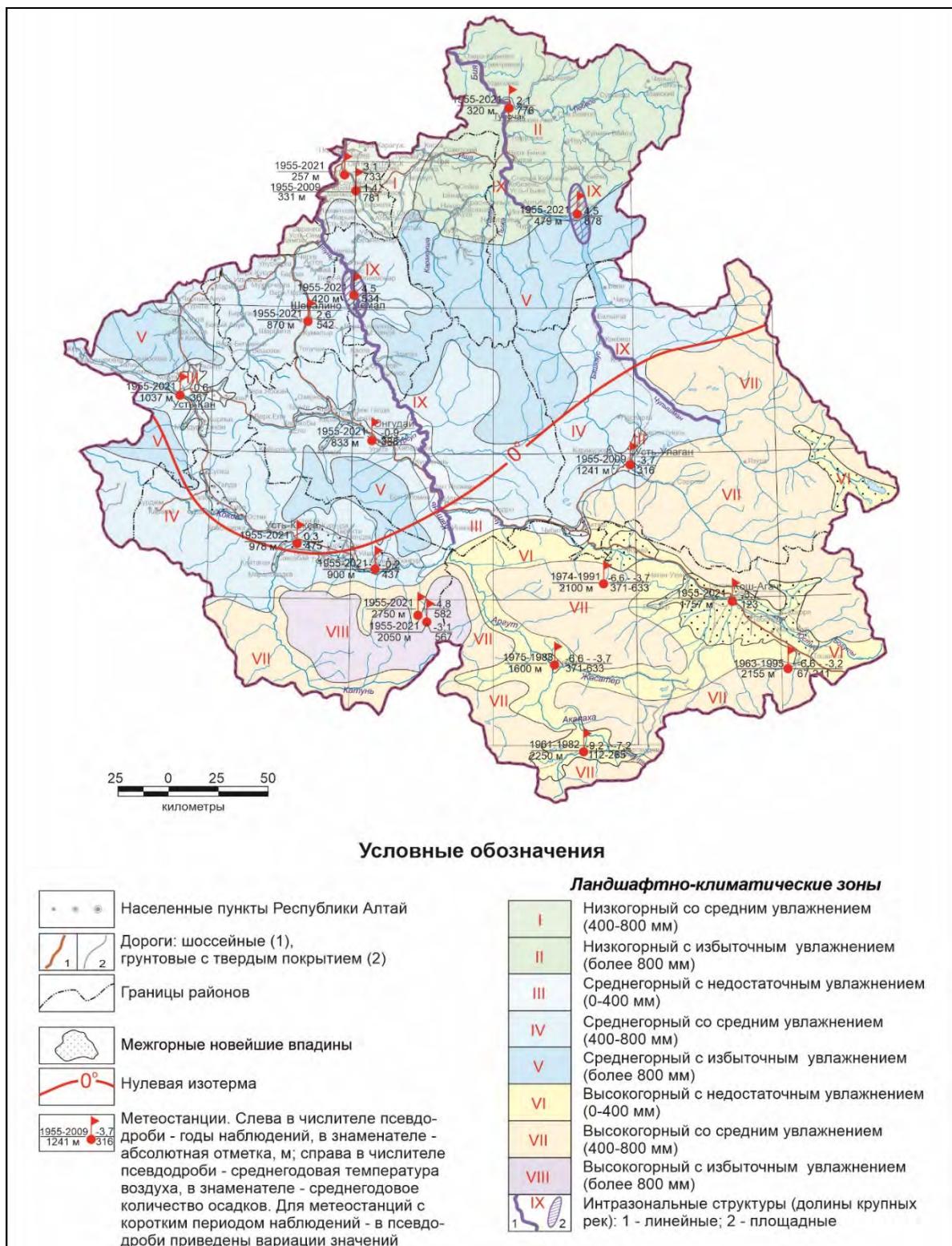


Рис. 1. Ландшафтно-климатическое зонирование территории Горного Алтая  
 Fig. 1. Landscape and climatic zoning of the territory of Gorno Altai

В питании заболачиваемой территории значение имеют и подземные воды. Можно условно выделить шесть типов водного питания заболачиваемой территории: атмосферный, грунтовый, грунтово-напорный, напорный, склоновый (делювиальный или метеогенный), гидрологический (табл. 3).

Таблица 3  
Table 3Гидрологические и орографические факторы болотообразования на территории Горного Алтая  
Hydrogeological and orographic factors of swamp formation in the territory of Gornyi Altai

Источники питания, гидрологические комплексы	Тип и виды водного питания болот	Рельеф	Типы болот
Грунтовые воды водоносного комплекса четвертичных отложений	грунтовый: 1) неглубоко залегающие грунтовые воды; 2) поток грунтовых вод со склонов и разгрузка в пьезоминимумах рельефа; 3) поток фильтрационных вод рек	поймы рек, нижние части склонов; плоские равнины, водоразделы со слабым дренажем	низинные, переходные; редко верховые
Водоносные зоны трещиноватости верхнепротерозойских – палеозойских отложений	грунтовый: разгрузка вод в виде родников в пьезоминимумах рельефа	террасы, плоские равнины, водоразделы со слабым дренажем	переходные, верховые, редко низинные
Таликовые, криогенно-таликовые надмерзлотные и межмерзлотные комплексы четвертичных, неоген-четвертичных отложений	грунтово-напорный: 1) выклинивание субнапорных вод через талики в виде восходящих родников и пластовых выходов; 2) площадное выклинивание криогенно-напорных вод; 3) капиллярное заболачивание	притеррасовые части пойм, озерные (термокарстовые) котловины	низинные, переходные, реже верховые
Субкриогенные подмерзлотные комплексы неогеновых, олигоцен-миоценовых отложений	напорный: 1) капиллярное заболачивание; 2) выклинивание напорных вод через талики в виде родников; 3) самоизлив напорных вод из скважин, колодцев (техногенный фактор)	плоские равнины со слабым дренажем, в т. ч. солончаковые поля	переходные, низинные
Гидрологический режим водных объектов	гидрологический: затопление земель паводковыми водами	озерные и речные поймы, дельты рек	низинные
Режим увлажнения	атмосферный: осадки на землях со слабоводопроницаемыми почвами (глины, суглинки)	водоразделы, верхняя часть склонов с малыми уклонами	верховые, переходные
	склоновый (метеогенный): поверхностный метеогенный сток по склонам	склоны, делювиальные конуса	переходные, низинные

Соответственно, болотообразовательные процессы на территории Горного Алтая весьма разнообразны. В низкогорной лесостепной зоне процессы заболачивания имеют ограниченное распространение и в основном в поймах малых рек. В низкогорной лесной зоне значительные площади подвержены заболачиванию в долинах рек и на склонах. В среднегорном поясе заболачивание распространено в черневых и темнохвойных лесах и в меньшей степени – в лиственничных лесах. В степных ландшафтах заболачивание отмечается на пойменных равнинах в днищах впадин, а также на локальных участках пойм в расширениях долин рек. В высокогорье процессы заболачивания наиболее распространены в межгорных впадинах, особенно в днищах котловин и расширенных пойменных участках рек. В горных ландшафтах высокогорья процессы заболачивания характерны для расширенных участков пойм в долинах горных рек, значительно реже отмечается в шлейфах подножий склонов, на субгоризонтальных террасоуvalах и водоразделах до границы снега.

Важным фактором процесса заболачивания является литологический состав подстилающих пород. Генезис пород в низкогорных территориях преимущественно аллювиальный, озерно-аллювиальный, озерный, реже элювиально-делювиальный. Для среднегорных и высокогорных территорий подстилающие породы представлены чередованием слоев с повышенной глинистостью и низкими фильтрационными свойствами. И, безусловно, очень важен геокриологический фактор процесса заболачивания. Значительная часть Горного Алтая покрыта многолетнемерзлыми породами сплошного (50–100 %), прерывистого (10–50 %) или островного (до 10 %) характера. Многолетнемерзлые грунты имеют сплошное распространение в высокогорных территориях Горного Алтая. Прерывистая и островная мерзлота в виде локальных площадей распространена в среднегорном поясе, благоприятствуя широкому распространению заболоченных участков с образованием верховых болот на склонах вершин.

В пределах Горного Алтая выделяются две крупных субширотных зоны площадного развития процессов заболачивания, для которых характерны слабая и средняя расчлененность рельефа (рис. 2). В северной части Горного Алтая зона охватывает низкогорные и среднегорные выпуклые пространства. В южной части зона площадного развития болот зафиксирована в пределах высокогорных нагорий, плоскогорий, плато и межгорных котловин.

Наибольшее количество болот приурочено к низкогорной зоне, наличие их характерно для среднегорья и достаточно большое число отмечается в высокогорных впадинах и котловинообразных расширениях долин.

На территории Горного Алтая в конце 1980-х годов были проведены геологические поисковые работы на торф, в 2001 году – балансовая оценка территории запасов торфа, а в 2007–2013 – научные исследования по изучению болот северо-восточной, центральной и юго-восточной его участков. Следует заметить, что полученные результаты отражают только небольшую часть современных болот на территории Горного Алтая.

Согласно геологическим материалам, предварительно выявлено и описано 213 участков заболоченных земель, заболоченностей, месторождений торфа и органо-минеральных образований (ОМО). Из 213 рассматриваемых объектов только на 35 (16,4 %) встречен торф мощностью более 0,3 м. Из оставшихся 178 участков 33 (18,5 %) являются заболоченными землями (с мощностью торфа менее 0,3 м), 145 участков (81,5 %) – минеральными переувлажненными участками с болотной растительностью. Более половины заболоченных участков находится в низкогорной зоне Алтая с абсолютными отметками менее 1000 м (112 участков), вторая половина – в среднегорной зоне (101 участок). Месторождения торфа были отмечены на 10 участках низкогорной зоны (71 %) и на 5 участках среднегорья (29 %), что составляет всего 7 % от общего числа обследованных заболоченных участков. В большинстве случаев средняя глубина торфяной залежи – менее 0,5 м (24 %), значительно реже – 0,5–2 м (9 % от общего числа участков). Максимальная глубина залежей зафиксирована на трех участках в низкогорье 2,5–3,8 м. Наиболее распространен низинный тип торфяной залежи, реже встречаются залежи переходного типа.

На территории северо-восточной части Горного Алтая в настоящее время выявлено 14 торфяных месторождений (табл. 4).

На одном из крупных месторождений торфа – Ыныргинском – общие запасы торфа составляют 849 тыс. т, которые рекомендуется использовать для производства топлива, строительных материалов, гидролизного производства и грунтов. На остальных 13 месторождениях выявлены прогнозные ресурсы, которые суммарно составляют 7614 тыс. т на площади в границах промышленной глубины торфяной залежи 3480 га.

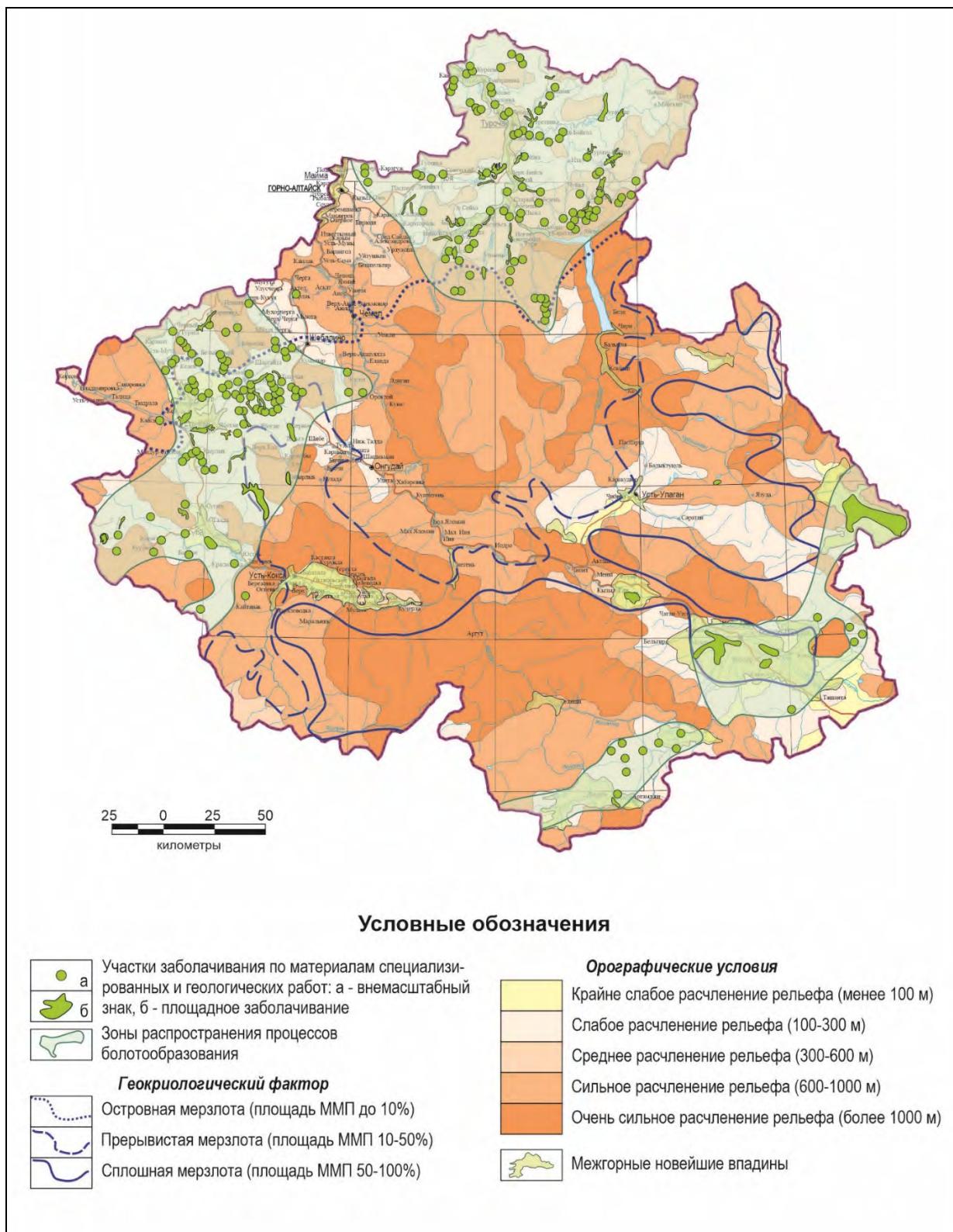


Рис. 2. Развитие процессов болотообразования на территории Горного Алтая  
в контексте орографических и криологических условий

Fig. 2. The development processes of paludification on the territory of Gorny Altai  
in the context of orographic and cryological conditions

Таблица 4  
 Table 4

Выявленные торфяные месторождения на территории Северо-Восточного и Центрального Алтая  
 Peat deposits identified in the Northeastern and Central Altai

№ п/п	Название месторождения, привязка <sup>1</sup>	Тип залежи <sup>2</sup>	Глубина залежи, м: ср/мин/мак <sup>3</sup>	Площадь, га: в нулевой / промышленной границе (мощность промышленной толщи)	Запасы и прогнозные ресурсы, тыс. т	Характеристика затопления
<b>низкогорная зона</b>						
1	<b>Кутюшское.</b> В 6,3 км СВ с. Турочак	П	1,37/0,3/2,1	850/125 (0,9 м)	272	обводненность высокая, полыми водами заливается частично
2	<b>Турочакское.</b> В 1,6 км Ю с. Турочак	Н	2,51/0,6/6,0	119/81 (0,7 м)	514	обводненность высокая, полыми водами заливается частично
3	<b>Тогунское.</b> В 46,5 км ЮВ с. Турочак; в 7,2; в 19,4 км СВ с. Байка	П	1,04/0,6/1,2	1484/827 (1,1 м)	1515	обводненность средняя, полыми водами заливается частично
4	<b>Чойское.</b> В 16,5 км ЮЗ с. Турочак; в 4,8 км ЮЗ с. Тондошка	Н	2,73/0,3/4,0	1380/212 (0,7 м)	1432	обводненность высокая, полыми водами заливается частично
5	<b>Баланак.</b> В 22 км Ю с. Турочак; в 1,5 км СВ с. Верх-Байск	Н	1,55/0,7/2,5	193/128 (0,7 м)	505	обводненность высокая, полыми водами не заливается
6	<b>Сайтинское.</b> В 48 км ЮВ с. Турочак; в 9,3 км ЮВ с. Курмач- Байгол	П	1,12/1,0/2,0	328/207 (0,9 м)	418	обводненность средняя, полыми водами заливается частично
7	<b>Садринское.</b> В 63,1 км ЮВ с. Турочак; в 23,8 км ЮВ с. Курмач-Байгол	П	1,0/0,6/1,1	48/34 (1,0 м)	54	обводненность средняя, полыми водами заливается частично
12	<b>Ускучное.</b> В 22,5 км СВ Чоя; в 0,1 км С с. Ускуч	Н	0,74/0,1/3,1	572/69 (0,9 м)	141	обводнено, заливается полыми водами
13	<b>Юлино.</b> В 33 км ЮВ с. Чоя; в 4,2 км ЮВ с. Красносельск	Н	0,9/0,7/1,2	110/77 (0,9 м)	143	обводнено, заливается полыми водами частично
14	<b>Ыныргинское.</b> В 25 км ЮВ с. Чоя; в 1,5 км ЮВ с. Ынырга	Н и П	1,19	1382/479 (1,0 м)	849	обводненность высокая, полыми водами не заливается

Окончание таблицы 4  
End of the table 4

среднегорная зона						
15	<b>Коксинское (Т).</b> В 62,5 км ЮЗ с. Усть-Кан; в 23 км СЗ с. Карагай	Н и П	Н: 1,0/0,8/2,1 П: 1,0/0,3/1,5	242/151 (0,7 м), в т.ч. 108 – П, 43 – Н	343 (267 – П, 76 – Н)	обводненность средняя, не заливается полыми водами
16	<b>Ябогановское (Т).</b> В 26,4 км ЮВ с. Усть-Кан; в 4,7 км ЮВ с. Ябоган	Н	0,72/–/–	241/75 (–)	93	обводненность средняя, заливается полыми водами
17	<b>Нижне-Кудатинское (Т).</b> В 22,1 км СЗ с. Шебалино	Н	1,02/1,0/1,3	252/98 (1,0 м)	246	обводненность средняя, заливается полыми водами частично
18	<b>Абайское (Т).</b> В 40 км СЗ с. Усть-Кокса; в 1,2 км СЗ с. Амур	Н	0,8/0,1/1,5	17 низкогорной и среднегорной зонах Горного Алтая 93/1396 (–)	1932	обводнено

Примечание: 1 – с. – село; 2 – тип залежи: П – переходный, Н – низинный; 3 – глубина залежи, м, сп/мин/мак – средняя, минимальная, максимальная; «–» – не определено.

Торфяные болота – это и элемент биосфера, и природный ресурс, из которого получают до 40 видов продукции. Торф – это уникальное природное образование. Он широко используется в теплоэнергетике, сельском хозяйстве, животноводстве, медицине, экологии. Если исходить из единства болотной экосистемы как элемента биосфера, то рациональное использование торфяных болот возможно по комплексному пути, когда наряду с хозяйственным их использованием признается необходимость их сохранения. Формирующаяся в настоящее время единая система рационального использования торфяных болот определяет выделение эколого-хозяйственных фондов (ЭХФ).

Согласно исследованиям белорусских и петербургских ученых [Тановицкий, 1983; Кузьмин и др., 2019], все торфяные месторождения должны быть объединены в единый эколого-хозяйственный фонд. Для выбора наиболее эффективного направления использования каждого месторождения необходимо провести его эколого-хозяйственную оценку. Так, охраняемый фонд включает болота, которые имеют большое значение для экологии территории: в поддержание водного баланса территории, обеспечивают сохранение генофонда редких животных, птиц и растений и др. В запасной фонд включают болота, состав торфов которых является особо ценным и может послужить сырьем для химической и биохимической промышленности. В разрабатываемый фонд входят месторождения, уже находящиеся в разработке (таковых на Алтае нет). Земельный фонд формируется из болот, которые могут использоваться как сельскохозяйственные земли (в Горном Алтае есть 3 осущенных болота). В резервный или неиспользуемый фонд относят болота, направление использования которых на конкретное время не определено.

Предположим, что Турочакское болото с мощностью торфяной залежи до 4 м и запасами 849 тыс. т может быть занесено в запасной фонд с перспективой использования его как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. В случае использования торфа Турочакского болота для земледелия, можно обеспечить органическими удобрениями все 4,7 тыс. га пашни района на сто лет при условии внесения 20 т на гектар пашни [Инишева и др., 2008].

Или мезотрофное Ыныргинское болото, торф которого геологами рекомендовано использовать на топливо, строительные материалы, гидролизное производство, грунты. Однако, учитывая красивый вид болота, близость к населенному пункту и переходный тип залежи, что нечасто встречается в Горном Алтае, это болото можно отнести к охраняемому фонду. Подобные болота могут быть объектом туризма на территории Горного Алтая [Волкова, Волков, 2014].

### Заключение

Весь комплекс физико-географических факторов на территории Горного Алтая влияет на болотообразовательные процессы, которые весьма разнообразны. В пределах Горного Алтая выделяются две крупных субширотных зоны площадного развития процессов заболачивания, для которых характерны слабая и средняя расчлененность рельефа. В северной части республики зона охватывает низкогорные и среднегорные выположенные пространства. В южной части зона площадного развития болот зафиксирована в пределах высокогорных нагорий, плоскогорий, плато и межгорных котловин.

Проведенные исследования торфяных болот и заболоченностей показывают, что отдельные торфяные болота можно рекомендовать для использования в хозяйственных и бальнеологических целях, что представляет большую перспективу для развития курортного бизнеса Республики Алтай.

В последние десятилетия хозяйственного освоения территории Горного Алтая некоторые торфяные болота региона подверглись антропогенной трансформации. Поэтому в настоящее время весьма актуально выявление наиболее ценных в экологическом отношении болотных массивов и создание охраняемого фонда. Важно продолжить изучение болот Горного Алтая, что будет способствовать решению ряда проблем научной и природоохранной направленности в современных условиях.

### Список источников

- Атлас Алтайского края. 1991. Москва, Комитет геодезии и картографии СССР, 38 с.
- География Сибири в начале XXI века. 2016. Т.5: Западная Сибирь. Ред. Ю.И. Винокуров, Б.А. Красноярова. Новосибирск, Академическое издательство «Гео», 447 с.
- ГОСТ 11306–83. 1995. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. Москва, ИПК Издательство стандартов, 8 с.
- ГОСТ 28245.2–89. 1989. Методы определения ботанического состава и степени разложения. Москва, ИПК. Издательство стандартов, 7 с.
- Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР. 1983. Москва, Торфгеология, 193 с.
- Global Peatland Database. Greifswald Mire Centre. Electronic resource. URL: <https://greifswaldmoor.de/global-peatland-database-en.html> (access date: 24.01.2025).
- Scholes R., Montanarella L., Brainich A., Barger N., Brink B. ten, Cantele M., Erasmus B., Fisher J., Gardner T., Holland T.G., Kohler F., Kotiaho J.S., Maltitz G. Von, Nangendo G., Pandit R., Parrotta J., Potts M.D., Prince S., Sankaran M., Willemen L. 2018. Summary for Policymakers of the Assessment Report on Land Degradation and Restoration of the Intergovernmental SciencePolicy. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Electronic resource. URL: [https://www.ipbes.dk/wp-content/uploads/2018/09/LandDegradation\\_SPM\\_2018.pdf](https://www.ipbes.dk/wp-content/uploads/2018/09/LandDegradation_SPM_2018.pdf) (access date: 14.12.2024).

### Список литературы

- Безматерных Д.М., Вдовина О.Н. 2024. Гидрохимический режим и донные осадки предгорных озер Русского Алтая. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 1: 32–45. <https://doi.org/10.35567/19994508-2024-1-32-45>.
- Бородина Е.В., Бородина У.О. 2019. Формирование химического состава озерных вод особо охраняемых территорий Горного Алтая на примере бассейна р. Мульты. Водные ресурсы, 46(4): 405–416. <https://doi.org/10.31857/S0321-0596464405-416>.

- Волкова И.И. 2011. О растительности Тюгурюкского болота (Горный Алтай). В кн.: Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011. Санкт-Петербург, Бостон-спектр, Т. 1: 44–47.
- Волкова И.И., Волков И.В. 2014. Ландшафтно-экологическая характеристика мерзлотного седловинного болота у г. Саганы (хребет Иолго, Центральный Алтай). Вестник Томского государственного университета. Биология, 1(25): 211–222.
- Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валеева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. 1994. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах. Почвоведение, 12: 17–25.
- Инишева Л.И., Шурова М.В., Ларина Г.В. 2008. Перспектива мелиорации торфяных болот в Горном Алтае. Мелиорация и водное хозяйство, 1: 41–45.
- Исаченко Т.Е. 2021. Болотные экосистемы как объекты туризма и рекреации. В кн. Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы VI международного полевого симпозиума, Ханты-Мансийск, 28 июня – 08 июля 2021. Томск, Издательство Томского университета: 199–201.
- Кузьмин Г.Ф., Селеннов В.Г., Созинова Л.А. 2019. Торфяные месторождения России: геология, экология, разведка, использование. Санкт-Петербург, Свет, 388 с.
- Модина Т.Д., Сухова М.Г. 2007. Климат и агроклиматические ресурсы Алтая. Новосибирск, Универсальное книжное издательство, 180 с.
- Проблемы деградации земель в горных регионах. 2019. В кн.: Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): национальный доклад. Под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. Т.2. Москва, ООО «Издательство МБА»: 295–307.
- Робертус Ю.В. 2021. Республика Алтай: экологические проблемы и пути их решения. Природа, 9(1273): 35–46. <https://doi.org/10.7868/S0032874X21090040>
- Сирин А.А. 2022. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата. Успехи современной биологии, 142(6): 560–577. <https://doi.org/10.31857/S0042132422060096>.
- Сухова М.Г., Журавлева О.В. 2018. Изменения температуры воздуха и осадков в межгорных котловинах Юго-Восточного и Центрального Алтая. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 6: 93–101. <https://doi.org/10.1134/S258755661806016X>
- Тановицкий И.Г. 1983. Заповедники и заказники на торфяных месторождениях БССР. Минск, Наука и техника, 102 с.
- Blyakharchuk T.A., Shefer N.V., Lukanina E.A., Van Hardenbroek M., Juggins S., Zhang D. 2024. Modern Spore-Pollen Spectra of the Altai-Sayan Region, their Relationship with Climate and Transfer Functions for Palaeoclimate Reconstructions. Environmental Dynamics and Global Climate Change, 15(2): 82–97. <https://doi.org/10.18822/edgcc635871>.
- Inisheva L, Shurova M. 2009. There Are Peat Mires in Mountain Altay. Peatland International, 4: 14–15.
- Leifeld J., Wüst-Galley C., Page S. 2019. Intact and Managed Peatland Soils as a Source and Sink of GHGs from 1850 to 2100. Nature Climate Change, 9: 945–947. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5>.
- Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N., Balykin D.N., Saltykov A.V., Troshkova I.A., Dvurechenskaya S.Ya. 2024. Long-Term Dynamics of Major Ion Concentrations in the Water of Lake Teletskoe Tributaries in the Context of Biogeochemical Conditions in their Drainage Basins. Water Resources, 51(4): 497–512. <https://doi.org/10.1134/S009780782470088X>
- Qiu C., Ciais P., Zhu D., Guenet B., Chang J., Chaudhary N., Kleinen T., Li X., Müller J., Xi Y., Zhang W., Ballantyne A., Brewer S., Brovkin V., Charman D., Gustafson A., Gallego-Sala A., Gasser T., Holden J., Joos F., Kwon M.J., Lauerwald R., Miller P., Peng S., Page S., Smith B., Stocker B., Sannel A.B.K., Salmon E., Schurgers G., Shurpali N., Wårlind D., Westermann S., Kwon M. 2021. A Strong Mitigation Scenario Maintains Climate Neutrality of Northern Peatlands. One Earth, 5: 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.008>.
- Reed M.S., Stringer L.C., Amiraslani F., Bernoux M., Bragante D., Centritto M., de Vente J., Kust G., Lapeyre R., Mahamane A., Marengo J.A., Metternicht G.I., Murgida A.M., Nowak R.S., Oljaca S.,

- Juan Antonio P.A., Seely M. 2015. Impulse Report for the 3rd UNCCD Scientific Conference Cancun, Mexico. A co-edition of Agropolis International and Groupe CCEE Montpellier, 141 p.
- Vompersky S.E., Sirin A.A., Sal'nikov A.A., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A. 2011. Estimation of Forest Cover Extent Over Peatlands and Paludified Shallow-Peat Lands in Russia. *Contemporary Problems of Ecology*, 4(7): 734–741. <https://doi.org/10.1134/S1995425511070058>
- Zhang J., Zhao N., Liu X., Liu Y. Global Virtual-Land Flow and Saving Through International Cereal Trade. 2016. *Journal of Geographical Sciences* 26(5): 619–639. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1289-9>

## References

- Bezmaternykh D.M., Vdovina O.N. 2024. Hydrochemical Regime and Bottom Sediments of Foothill Lakes of the Russian Altay. *Water sector of Russia problems technologies management*, 1: 32–45 (in Russian). <https://doi.org/10.35567/19994508-2024-1-32-45>.
- Borodina E.V., Borodina U.O. 2019. Water Chemistry Formation in Lakes of Specially Protected Natural Areas in the Altay Mountains: Case Study of the Mul'ta River. *Water Resources*, 46(4): 582–594 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0097807819040055>.
- Volkova I.I. 2011. O rastitel'nosti Tjugurjukskogo bolota (Gornyj Altaj) [About the Vegetation of the Tyuguryuk Swamp (Mountain Altai)]. In: *Otechestvennaja geobotanika: osnovnye veshi i perspektivy* [Domestic Geobotany: Main Milestones and Prospects]. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation. Sankt-Peterburg, 20–24 September 2011. Sankt-Peterburg, Pabl. Boston-spektr, Vol. 1: 44–47.
- Volkova I.I., Volkov I.V. 2014. Landscape-Ecological Characteristics of the Permafrost Mire Massif Situated Near Tsagany Mountain (the Iolgo Mountain Ridge, Central Altai). *Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 1(25): 211–222 (in Russian).
- Vompersky S.E., Ivanov A.I., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V., Dubinin A.I., Glukhov A.I., Markelova L.G. 1994. Paludified Soils and Mires of Russia and Carbon Pool of Their Peat. *Soil Science*, 12: 17–25 (in Russian).
- Inisheva L.I., Shurova M.V., Larina G.V. 2008. Reclamation of Peat Bogs at the Mountain Altai in Prospect. *Melioration and Water Management*, 1: 41–45 (in Russian).
- Isachenko T.E. 2021. Bolotnye jekosistemy kak ob'ekty turizma i rekreacii [Marsh Ecosystems as Objects of Tourism and Recreation]. In: *Zapadno-Sibirskie torfjaniki i cikl ugleroda: proshloe i nastojashhee* [West Siberian Peatlands and the Carbon Cycle: Past and Present]. Proceedings of the VI International Field Symposium, Khanty-Mansiysk, 28 June–08 July 2021. Tomsk, Pabl. Tomsk State University: 199–201.
- Kuzmin G.F., Selennov V.G., Sozinova L.A. 2019. *Torfjanye mestorozhdenija Rossii: geologiya, ekologiya, razvedka, ispolzovaniye* [Peat Deposits of Russia: Geology, Ecology, Exploration, Use]. Sankt-Peterburg, Pabl. Svet, 388 p.
- Modina T.D., Sukhova M.G. 2007. *Klimat i agroklimaticheskie resursy Altaya* [Climate and Agro-Climatic Resources of Altai]. Novosibirsk, Pabl. Universal House, 180 p.
- Problemy degradacii zemel' v gornyh regionah [Problems of Land Degradation in Mountainous Regions]. In: *Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivanie i degradacija zemel', institucional'nye, infrastrukturnye, tehnologicheskie mery adaptacii (sel'skoe i lesnoe hozjajstvo): nacional'nyj doklad* [Global Climate and Soil Cover of Russia: Desertification and Land Degradation, Institutional, Infrastructural, Technological Adaptation Measures (Agriculture and Forestry): National Report]. Ed. by R.S.-H. Edelgerieva. Vol. 2. Moscow, Pabl. MBA: 295–307.
- Robertus Yu.V. 2021. Altai Republic: Environmental Problems and Ways to Solve Them. *Priroda*, 9(1273): 35–46 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0032874X21090040>
- Sirin A.A. 2022. Peatbogs and Anthropogenically Modified Peatlands: Carbon, Greenhouse Gases and Climate Change. *Advances in Modern Biology*, 142(6): 560–577 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0042132422060096>.
- Suhova M.G., Zhuravleva O.V. 2018. Dynamic of Changes in Air and Sediments Temperature in the Intermountain Hollows of the Southeast and Central Altai. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series*, 6: 93–101 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S258755661806016X>

- Tanovitsky I.G. 1983. Zapovedniki i zakazniki na torfjanyh mestorozhdenijah BSSR [Nature Reserves and Sanctuaries on Peat Deposits of the BSSR]. Minsk, Pabl. Science and Technology, 102 p.
- Blyakharchuk T.A., Shefer N.V., Lukanina E.A., Van Hardenbroek M., Juggins S., Zhang D. 2024. Modern Spore-Pollen Spectra of the Altai-Sayan Region, their Relationship with Climate and Transfer Functions for Palaeoclimate Reconstructions. *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 15(2): 82–97. <https://doi.org/10.18822/edgcc635871>.
- Inisheva L, Shurova M. 2009. There Are Peat Mires in Mountain Altay. *Peatland International*, 4: 14–15.
- Leifeld J., Wüst-Galley C., Page S. 2019. Intact and Managed Peatland Soils as a Source and Sink of GHGs from 1850 to 2100. *Nature Climate Change*, 9: 945–947. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0615-5>.
- Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Rozhdestvenskaya T.A., Balykin S.N., Balykin D.N., Saltykov A.V., Troshkova I.A., Dvurechenskaya S.Ya. 2024. Long-Term Dynamics of Major Ion Concentrations in the Water of Lake Teletskoe Tributaries in the Context of Biogeochemical Conditions in their Drainage Basins. *Water Resources*, 51(4): 497–512. <https://doi.org/10.1134/S009780782470088X>
- Qiu C., Ciais P., Zhu D., Guenet B., Chang J., Chaudhary N., Kleinen T., Li X., Müller J., Xi Y., Zhang W., Ballantyne A., Brewer S., Brovkin V., Charman D., Gustafson A., Gallego-Sala A., Gasser T., Holden J., Joos F., Kwon M.J., Lauwerwald R., Miller P., Peng S., Page S., Smith B., Stocker B., Sannel A.B.K., Salmon E., Schurgers G., Shurpali N., Wårlind D., Westermann S., Kwon M. 2021. A Strong Mitigation Scenario Maintains Climate Neutrality of Northern Peatlands. *One Earth*, 5: 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.008>
- Reed M.S., Stringer L.C., Amiraslani F., Bernoux M., Bragante D., Centritto M., de Vente J., Kust G., Lapeyre R., Mahamane A., Marengo J.A., Metternicht G.I., Murgida A.M., Nowak R.S., Oljaca S., Juan Antonio P.A., Seely M. 2015. Impulse Report for the 3rd UNCCD Scientific Conference Cancun, Mexico. A co-edition of Agropolis International and Groupe CCEE Montpellier, 141 p.
- Vompersky S.E., Sirin A.A., Sal'nikov A.A., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A. 2011. Estimation of Forest Cover Extent Over Peatlands and Paludified Shallow-Peat Lands in Russia. *Contemporary Problems of Ecology*, 4(7): 734–741. <https://doi.org/10.1134/S1995425511070058>
- Zhang J., Zhao N., Liu X., Liu Y. Global Virtual-Land Flow and Saving Through International Cereal Trade. 2016. *Journal of Geographical Sciences* 26(5): 619–639. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1289-9>

Поступила в редакцию 17.02.2025;  
поступила после рецензирования 24.03.2025;  
принята к публикации 04.05.2025

Received February 17, 2025;  
Revised March 24, 2025;  
Accepted May 04, 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

**Достовалова Марина Сергеевна**,  
специалист II категории, АО Геологическое  
предприятие «Алтай-Гео», Республика  
Алтай, с. Майма, Россия

**Инишева Лидия Ивановна**, доктор  
сельскохозяйственных наук, профессор, член-  
корреспондент РАН, главный научный  
сотрудник, Томский государственный  
педагогический университет, г. Томск, Россия

**Инишев Николай Гаврилович**, старший  
преподаватель, Томский государственный  
университет, г. Томск, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina S. Dostovalova**, Specialist of the  
2 category, AO Altai-Geo Geological Enterprise,  
Altai Republic, Maima village, Russia

**Lidia I. Inisheva**, Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor, Corresponding Member of the Russian  
Academy of Sciences, Chief Researcher, Tomsk  
State Pedagogical University, Tomsk, Russia

**Nikolay G. Inishev**, Senior Lecturer, Tomsk State  
University, Tomsk, Russia

УДК 502.52  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230  
EDN AXEMRS

## Зелёная инфраструктура города в развитии инклюзивного экотуризма

<sup>1</sup>Кочуров Б.И., <sup>2</sup>Чёрная В.В., <sup>3</sup>Блинова Э.А., <sup>3</sup>Бирюкова Е.В.

<sup>1</sup>Институт географии Российской академии наук,  
Россия, 117312, г. Москва, ул. Вавилова, 37

<sup>2</sup>Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова,  
Россия, 390026, г. Рязань, ул. Высоковольтная, 9

<sup>3</sup>Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,  
Россия, 390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46  
camertonmagazin@mail.ru, harmony19721911@gmail.com,  
eleonora.gladkova@mail.ru, el.biryukova@rsu-rzn.ru

**Аннотация.** В статье решены объективные вопросы научного и методологического обоснования формирования объектов инклюзивной среды и ландшафтов здоровья для сферы экотуризма и рекреации; проанализированы актуальные проблемы оценки экологической безопасности городских ландшафтов. Обобщена принципиальная методологическая схема комплексного анализа формирования объектов инклюзивной среды и ландшафтов здоровья. Разработана авторская модель проектирования и эффективного менеджмента территорий устойчивого природопользования для инклюзивного экотуризма и рекреации. Обсуждены современные направления при выборе форм пространственной организации экотуризма, предлагаются инфраструктурные решения. Подчеркивается важность интеграции концепции *UrbanHealth* и принципов устойчивого развития при проектировании городской среды. Обосновывается роль водно-зелёного городского каркаса как элемента природного каркаса населённых пунктов, обеспечивающего биологические связи и комфортную среду. Выделены проблемы нормативно-правового регулирования рекреационных зон, мониторинга туристско-рекреационной деятельности и расчёта предельно допустимой рекреационной ёмкости территорий. Приведены авторские данные по предельно допустимой рекреационной ёмкости для памятника природы «Грачиная роща». Описаны авторские проекты существующих и перспективных экотуристских маршрутов.

**Ключевые слова:** ландшафты здоровья, инклюзивный экотуризм, зелёная инфраструктура, рекреационная ёмкость территории, планирование и проектирование урбокаркасов

**Благодарности:** статья подготовлена по материалам исследований по теме Государственного задания ИГ РАН № FMWS-2024-0007- Биотические географо-гидрологические и ландшафтные оценки окружающей среды для создания основ рационального природопользования (рук. А.А. Тишков).

**Для цитирования:** 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. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230 EDN: AXEMRS

## Green Infrastructure of the City in the Development of Inclusive Ecotourism

<sup>1</sup>Boris I. Kochurov, <sup>2</sup>Violetta V. Chernaya, <sup>3</sup>Eleonora A. Blinova, <sup>3</sup>Elena V. Biryukova,

<sup>1</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,  
37 Vavilov St, Moscow 117312, Russia

<sup>2</sup>Ryazan State Medical University,  
9 Vysokovoltnaya St, Ryazan 390026, Russia

<sup>3</sup>Ryazan State University named after S. Yesenin,  
46 Svobody St, Ryazan 390000, Russia  
camertonmagazin@mail.ru, harmony19721911@gmail.com,  
eleonora.gladkova@mail.ru, el.biryukova@rsu-rzn.ru

**Abstract.** The article solves objective issues of scientific and methodological justification of forming inclusive environment objects and health landscapes for the sphere of ecotourism and recreation and

© Кочуров Б.И., Чёрная В.В., Блинова Э.А., Бирюкова Е.В., 2025

analyzes current problems of assessing the environmental safety of urban landscapes. The principal methodological scheme of complex analysis of the formation of inclusive environment objects and health landscapes is generalized. The authors suggest their own model of designing sustainable nature use territories and their effective management for inclusive ecotourism and recreation. Modern trends in the choice of ecotourism spatial organization forms are discussed, and infrastructural solutions are proposed. The paper stresses the importance of integrating the Urban Health concept and principles of sustainable development in urban environment planning. It also substantiates the role of water-green urban framework as an element of the natural framework of settlements providing biological connections and a comfortable environment. The problems of normative and legal regulation of recreational zones, monitoring of tourist-recreational activity and calculation of maximum permissible recreational capacity of territories are highlighted. The authors provide data on the maximum permissible recreational capacity for the natural protected area “Grachinaya Roshcha” and describe their own projects of ecotourism routes.

**Keywords:** Landscapes of Health, Inclusive Ecotourism, Green Infrastructure, Recreational Capacity of the Territory, Urban Landscape Planning and Design

**Acknowledgements:** The article was prepared based on the research materials under the State Assignment of the IG RAS No FMWS-2024-0007- Biotic geographical, hydrological and landscape assessments of the environment for the rational nature management basis creation (supervised by A.A. Tishkov).

**For citation:** 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). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-220-230 EDN: AXEMRS

---

## Введение

Условия новой динамичной реальности, межпандемийного периода и других современных вызовов стимулируют рост внимания к оздоровлению населения, развитию экологического туризма и рекреации [Кривцов и др., 2020; Кочуров и др., 2021]. Ещё до пандемии *COVID-19*, когда ландшафты городов не были столь популярны у туристов и жителей, они испытывали значительную антропогенную и техногенную нагрузку. На многих территориях отдыха г. Рязани рекреационная нагрузка уже до 2019 года была максимальна [Chernaya et al., 2021; Чёрная и др., 2022]. В категориях инклюзивного общественного здравоохранения и проектирования урбокомплексов (например, в СП 475.1325800.2020) особая значимость принадлежит городским зелёным зонам, лесопарковым зелёным поясам, особо охраняемым природным территориям (ООПТ) – комфортной зелёной инфраструктуре (ЗИ) [Вишаренко, Толоконцев, 1982]. Свободный доступ и пребывание в зелёных зонах людей с ограниченными возможностями почти повсеместно осложнены отсутствием необходимых условий [Piskin, Akdeniz, 2023; Wong et al., 2023].

В международных докладах, посвященных Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 25.09.2015 № 70/1 «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [2015], неоднократно упоминается о том, что до 30 % вклада в изменение здоровья человека вносит состояние окружающей среды. Здоровое долголетие жителей становится главным элементом оценки качества формируемой городской среды.

Цель исследования: решение объективных вопросов научного и методологического обоснования формирования объектов инклюзивной среды и ландшафтов здоровья для сферы экотуризма.

Последовательно решены следующие задачи: изучены нормативно-правовые акты, научные и методические публикации; определены научные и методологические основы и инновации экологического проектирования ландшафтов; описана концепция ландшафтного планирования территорий для инклюзивного экологического туризма и рекреации; сформулированы требования и рекомендации к проектированию; проведение ландшафтного анализа ряда территорий экотуризма, определение рекреационных нагрузок, проектирование экотуристских маршрутов.

## Объекты и методы исследования

Полевые маршрутные геоэкологические исследования, ландшафтный анализ экотуристских территорий в период с 2017 по 2024 год. Разработка модели проектирования и эффективного менеджмента территорий устойчивого природопользования: принципиальная методологическая схема комплексного анализа формирования объектов инклюзивной среды и ландшафтов здоровья представлена на рис. 1. Детально изучена, сравнительно- и структурно- проанализирована нормативно-правовая информация в области инклюзивного экологического туризма и рекреации, устойчивого городского планирования.

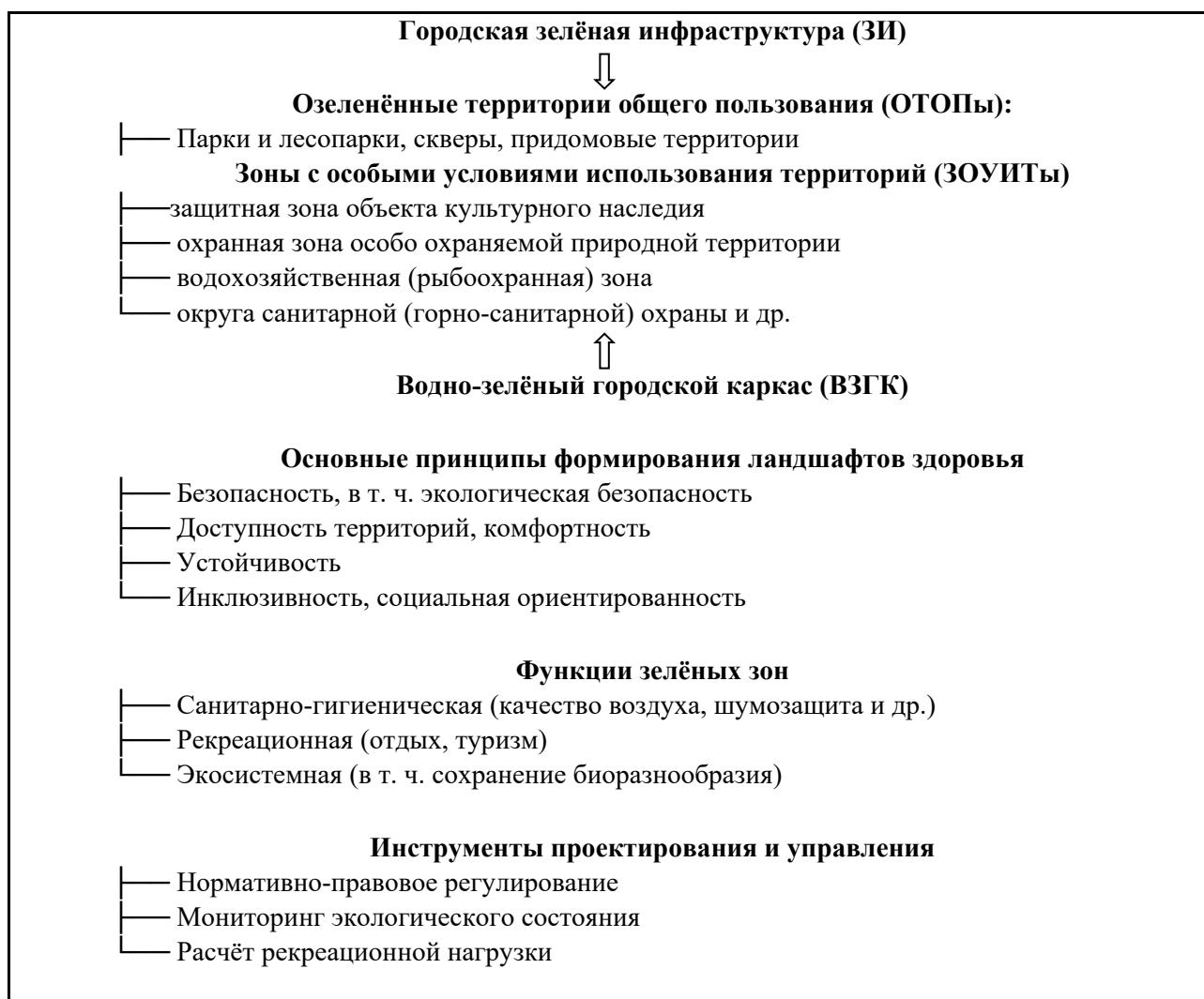


Рис. 1. Схема формирования объектов инклюзивной среды и ландшафтов здоровья для сферы экотуризма (составлено авторами)

Fig. 1. Scheme of inclusive environment and health landscapes formation for ecotourism (compiled by the authors)

## Результаты и их обсуждение

Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [2024] направлен на достижение целей устойчивого развития (ЦУР). В контексте концепции *Urban-Health*, планировка и проектирование городской среды связаны с общественным здравоохранением, экотуризмом и оздоровительной рекреацией.

Семь национальных целей развития, среди которых: сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей; комфортная и безопасная среда для жизни; экологическое благополучие и др., определены в Едином плане по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года [2025] (утв. распоряжением Правительства РФ от 01.10.2021 № 2765-р) (далее – Единый план). Согласно документу, предполагается создание комфортной городской среды для ежегодного улучшения условий жизни граждан за счёт создания качественных и современных общественных пространств, формирования новых возможностей для отдыха, занятия спортом, самореализации людей.

Устойчивое развитие ООПТ и создание условий для экологического туризма реализуются за счёт сохранения природных комплексов и объектов, имеющих природоохранное, научное, эколого-просветительское значение. Повышение привлекательности ООПТ федерального значения (национальных парков) для экотуристов должно включать: создание и развитие туристической инфраструктуры – площадок для отдыха, экологических троп и туристских маршрутов; создание и развитие базовой оптимально необходимой инфраструктуры [ГОСТ Р 71473–2024, 2024].

#### ***Теоретико-прикладное обоснование экопроектирования ландшафтов для целей инклюзивного экотуризма и рекреации.***

Ландшафтный урбанизм, основанный на комплексном, междисциплинарном подходе к формированию комфортной, социально-ориентированной и экологически устойчивой структуры городов, постепенно становится приоритетом в создании здоровой среды. ЗИ должна быть интегрирована в урбоэкосистему и создаваться на базе формирующегося или сформированного водно-зелёного городского каркаса (ВЗГК), быть документально обозначенной в генеральном плане. Помимо традиционных садов, парков и пешеходных маршрутов, генеральные планы должны включать общедоступные ландшафты здоровья, обеспечивать коридоры связи между объектами туризма и отдыха озеленёнными пешеходными маршрутами (с учётом передвижения при помощи средств индивидуальной мобильности) без пересечения с транспортными и техническими проездами.

Выделены 4 группы критериев оценки озеленения: функциональные, санитарно-гигиенические, эстетические и природоохранные.

Актуален принцип «решающий критерий оценки городской среды – это её санитарно-гигиеническое состояние», означающий соблюдение норм, регламентирующих чистоту воздуха, воды, почвы, их химического состава, физических параметров среды. Озеленение – «демпфер», с помощью которого возможно достижение нужных санитарно-гигиенических параметров.

Оценка элементов ВЗГК – системы водных и зелёных пространств, интегрированных в планировочную структуру городов и прилегающих к ним территорий туристско-рекреационного назначения, позволяет подтвердить сохранение непрерывных биогеохимических связей и обеспечение движение флоры и фауны. ВЗГК, вовлекаясь в планировочную структуру города, становится основой его планировки и благоустройства [СП 398.1325800.2018, 2018; Земельный Кодекс РФ, 2025].

В состав зон рекреационного назначения городов могут включаться участки в границах территорий, занятых городскими лесами, скверами, парками, городскими садами, прудами, озёрами, водохранилищами, пляжами, а также в границах иных территорий, используемых и предназначенных для отдыха, туризма и др. [Градостроительный Кодекс РФ, 2025].

В субъектах страны существует проблема недостаточности регионального и муниципального нормативно-правового регулирования, отсутствует полная картина состояния рекреационных ресурсов. Так, в Москве существовало постановление Правительства от 25.09.2007 № 825-ПП «О Схеме рекреационного использования территорий природного комплекса города Москвы» до 2022 года, утратившее силу к настоящему времени.

Рекреационный мониторинг в России наиболее полно и методологически верно осуществляется исключительно на федеральных ООПТ, а их количество в границах городов крайне мало. Согласно Приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 473/пр [2022], специалисты проводят расчёты рекреационной ёмкости объектов и маршрутов экотуризма, фиксируется состояние основных компонентов природно-территориального комплекса и др. [Галако, Колтунова, 2002; Чижова, 2006].

Постановлением Правительства РФ от 21.12.2023 № 2229 «Об утверждении Правил организации и осуществления туризма, в том числе обеспечения безопасности туризма на особо охраняемых природных территориях федерального значения» [2023] определены типовые правила расчёта предельно допустимой рекреационной ёмкости ООПТ. Этот параметр устанавливается органами власти субъектов РФ и органами местного самоуправления. Для многих ООПТ такие расчёты не проводились. Так, по государственному природному заказнику регионального значения «Солотчинский Парк» и памятнику природы «Грачиная роща» – территориям туризма и отдыха (г. Рязань) – в свободном доступе на профильных ресурсах Интернет (<https://minprirody.ryazan.gov.ru/>, <https://admrzn.ru/>) такая информация отсутствует.

По данным научной публикации [Чёрная и др., 2024], допустимая рекреационная нагрузка для площади ООПТ «Грачиная роща» в 2,7 га: в естественных условиях – 5–6 чел./сут.; при проведении мероприятий, повышающих устойчивость биогеоценозов, – 21–22 чел./сут.; при кратковременном отдыхе – 16–17 чел./сут. Такие значения серьёзно ограничивают возможности массового использования, но сохраняют ценность территории для регулируемого и ограниченного инклюзивного экотуризма и рекреации: неспешных прогулок, тихого отдыха, любования природой, индивидуальных занятий оздоровительными практиками в малочисленных группах.

Отсутствие объективных данных по допустимой рекреационной нагрузке не даёт возможности определить пределы использования подавляющей части зелёных территорий и акваторий городов, не входящих в ООПТ и повышает вероятность уменьшения их туристско-рекреационной привлекательности. Устойчивое использование предполагает предварительную оценку с применением оценочных шкал: наиболее пригодные, пригодные, умеренно пригодные, малопригодные, непригодные.

Нерегулируемый массовый туризм на доступных озеленённых территориях приводит к ухудшению их состояния. Так, лесопарки приобретают черты парков и скверов, перестают выполнять приоритетные экосистемные и санитарные функции. В 1986 году лесопарком назывался лесной массив или его часть, выделенный для массового повседневного отдыха населения, благоустроенный и приведённый в единую ландшафтно-планировочную систему [ОСТ 56-84-85, 2025], сегодня – это парк, благоустроенный на одном или нескольких лесных участках лесного фонда [СП 475.1325800.2020, 2020].

В городах России критически мало территорий, приемлемых для водной рекреации и экотуризма. На территории Рязани в 2021 году только 4 пляжа имеют санитарно-эпидемиологические заключения о соответствии санитарным правилам для использования в рекреации [Deroose et al., 2020].

Анализ информационных ресурсов показывает, что экологический туризм и рекреация в российских городах сведены к проведению отдельных мероприятий и природоохранных акций, созданию единичных экотроп.

Существующее научно-методологическое обоснование ландшафтного планирования и моделирования современных проектов устойчивого развития территорий инклюзивного экотуризма всё ещё далеки от современных новаций и общемировых тенденций. Решение – во внедрении модели проектирования и эффективного менеджмента территорий [Chernaya et al., 2021; Чёрная, Кочуров, 2024] (рис. 2).

### **Ландшафтно-экологическое планирование территорий устойчивого природопользования для инклюзивного экотуризма и рекреации**

1. Предварительный скрининговый этап (изучение информации и создание инфобанка о санитарно-гигиеническом состоянии и геохимическом мониторинге ландшафта, рекреационной нагрузке о требованиях к качеству зелёных территорий городов)
2. Этап постановки предварительного диагноза (организация и проведение серии традиционных диагностических исследований пригодности территорий и акваторий, обобщение мониторинговой информации, постановка преддиагноза)
3. Этап постановки окончательного экодиагноза (организация работ на основе «Метода диагностики пригодности земельных участков и токсикомониторинга территорий на культурах клеток человека и животных»)
4. Этап разработки программ и проектов реабилитации (рекультивации, мелиорации и ревитализации территорий и акваторий)
5. Этап ландшафтно-экологического планирования и проектирования (3D-модели, проекты и планы)
6. Этап реализации программы и проекта (мониторинг этапов реализации)
7. Этап постпроектного мониторинга и менеджмента проекта (постмониторинг и оценка санитарно-гигиенического состояния, рекреационной нагрузки, экодиагностика изменений ландшафта, выполнение или корректировка планов и программ развития)

Рис. 2. Принципиальная схема «Ландшафтно-экологическое планирование территорий устойчивого природопользования для инклюзивного экотуризма и рекреации» (составлено авторами)

Fig. 2. Conceptual diagram "Landscape and ecological planning of sustainable nature management territories or inclusive ecotourism and recreation" (compiled by the authors)

**Моделирование территорий инклюзивного экотуризма и рекреации.** Для получения устойчивых оздоровительных результатов необходимо особое моделирование ландшафтов, щадящим образом адаптируя их под нужды инклюзивного экотуризма и рекреации. Их оснащение и оборудование, обслуживание должно соответствовать определённым специфическим критериям: минимальная достаточность, доступность, функциональность, экологичность, безопасность, устойчивость к воздействию погодных факторов, антивандальность и др.

Определены основные виды оздоровительных и рекреационных активностей, которые могут быть реализованы на объектах ЗИ и ВЗГК: оздоровительная, спортивная, ментальная, образовательная, игровая и общественная [Hartig et al., 2016].

В пределах доступных зелёных городских территорий общего пользования могут реализовываться разнообразные формы и методы оздоровительных, рекреационных и экотуристских технологий. Перечень направлений и мероприятий инклюзивного экотуризма и рекреации: сенсомоторная коррекция; адаптивная физическая культура; скандинавская ходьба и снегоступинг, болотоступинг; адаптивный спорт; гидротерапия, талласотерапия, лечебное плавание; аэротерапия, спелеотерапия, гелиотерапия и лесные ванны; природная аудиотерапия; арт-терапия, гарденотерапия, анималтерапия, бёрдватчинг и др.

В опубликованных в РФ учебно-методических пособиях и монографиях обобщены требования и рекомендации к созданию инклюзивной инфраструктуры для организации экологической рекреации и оздоровительного туризма [Межова и др., 2015; Голованова и др., 2018; Джавадова, 2020; Фёдорова, 2021]. Городские жители всех групп населения должны иметь доступ к общественным зелёным зонам площадью не менее 0,5–1,0 га, расположенным на расстоянии не более 300 м от дома (в 5 минутах ходьбы) – принцип универсального доступа.

Функциональные зоны крупных объектов ВЗГК (многофункциональных парков, лесопарков) и размещённого в них оборудования могут быть адаптированы к целевым группам населения, включая возможность использования другими группами – принцип инклузии. Рекомендуем выделение и организацию инклюзивных зон тихого отдыха на 50–40 % от общей площади ЗИ/ВЗГК, плотность дорожно-тропиночной сети 5–15 %, экотропы, создание буферных и почвозащитных посадок, применение устойчивых к вытаптыванию видов трав и др. [СП 475.1325800.2020]. В новых парках экотропы, дополнительные дорожки для прогулок, настилы проектируются на сваях с ограничительными барьерами по периметру и доступными подъёмами – спусками для людей с ОВЗ. Правила ландшафтного планирования [Хорошев и др., 2019], рекомендуемые для развития экотуризма на ООПТ: «поляризация несовместимых видов землепользования»; «необходимая связность», «совместимость экологических и социокультурных интересов»; «пространственная компенсация»; «минимизация воздействий на малонарушенные элементы» и правило «прогнозирования спровоцированного перераспределения нагрузок».

Широкое внедрение в практику концепта «*UrbanHealth*» и, прежде всего, наполнение содержания проектов благоустройства и создания комфортной среды оздоровительным и рекреационным контекстом исключительно своевременно и необходимо в Российской Федерации и странах СНГ. Сенсорные инклюзивные сады уже многие годы функционируют во многих странах мира – в Италии, Румынии, Великобритании, ЮАР, Чехии и др. Первый сенсорный сад для слепых и слабовидящих людей в России был открыт в Москве. Тактильные экотропы известны в Германии, в России – проект «Уфа тактильная» в г. Уфе, объект экотуризма «Босоногая тропа» в г. Москве и др. Первым инклюзивным объектом ВЗГК в странах СНГ с тактильными клумбами несколько лет назад стал Терапевтический парк в г. Минске (Республика Беларусь).

Основным районом предпроектных исследований для разработки и реализации предлагаемой выше схемы-модели стала территория городского лесопарка г. Рязани. Это вторичный современный лес из берёзы бородавчатой (повислой), тополя бальзамического и осины обыкновенной, ивы плащечной с примесью клёнов татарского и остролистного, ясения обыкновенного и липы мелколистной. На основе предварительного мониторинга и перспективного анализа состояния ландшафтов лесопарка выделены основные виды инклюзивных рекреационных активностей. Спроектирована универсальная тиражируемая модель территории медико-экологической рекреации и реабилитации для лесопарковых территорий «Лесопарк – территория здоровья» [Chernaya et al., 2021]. В нём могли быть организованы несколько ландшафтных площадок: сенсорная, игровая, исследовательская, профориентационная, экологическая, которые дополнительно могут быть расширены за счёт создания пластов дополненной реальности (*QR, AR/VR*).

С 2019 года на территории «Рязанского геронтологического центра им. П.А. Мальшина» работает инклюзивный проект «Экопарк «Здоровое долголетие», направленный на повышение качества жизни граждан пожилого возраста, туристов и рекреантов, профилактику и терапию, экологическую рекреацию. Разработана и реализована план-схема экопарка, создана доступная парковая инфраструктура; оборудованы площадки наблюдения за птицами, тактильные дорожки с эко-покрытием, сенсорные стенды; на «Зелёном маршруте» установлены инфостенды с описанием деревьев и кустарников, их лечебных свойств.

Разработан новый маршрут экотропы в городском парке «200-летия Егорьевска» (Московская область): современное инклюзивное экологичное пространство Подмосковья. Предложено создать несколько остановок, где возможно получить информацию о флоре и фауне, оценить антропогенное воздействие, увидеть природные явления и процессы: с помощью интерактивных обучающих стендов с аудиогидом и шрифтом Брайля или под руководством гида (гида-сурдопереводчика).

## Заключение

Экотуризм и рекреационная деятельность способствуют улучшению физического и психического состояния, восстановлению духовных сил, профилактике заболеваний, реабилитации, расширению образовательных возможностей. Для жителей мегаполисов и крупных городов, особенно людей с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью это жизненно важная необходимость.

Различные формы и методы оздоровительных и реабилитационных мероприятий могут реализовываться в рамках курортного лечения, экологического туризма или медицинской рекреации с учётом индивидуальных потребностей, состояния здоровья и интересов людей.

Зелёная инфраструктура городов и водно-зелёный городской каркас играют важную роль в снижении экологических рисков. Они улучшают качество воздуха и воды, защищают от шума, смягчают последствия экстремальных климатических явлений, способствуют сохранению здоровья и повышению уровня благополучия населения.

## Список источников

ГОСТ Р 71473–2024 Национальный стандарт Российской Федерации. Ландшафтная архитектура территорий городских и сельских поселений. Термины и определения. Электронный ресурс. URL: <https://protect.gost.ru/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=1&month=7&year=1&search=&id=261713> (дата обращения: 10 февраля 2025).

Градостроительный Кодекс РФ. Электронный ресурс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/cdec16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/cdec16ec747f11f3a7a39c7303d03373e0ef91) (дата обращения: 10 февраля 2025).

Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года (утв. Правительством РФ). Электронный ресурс. URL: <http://government.ru/news/53927/> (дата обращения: 10 января 2025).

Земельный Кодекс РФ. Статья 105. Виды зон с особыми условиями использования территорий. Электронный ресурс. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102073184> (дата обращения: 10 февраля 2025).

О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309. Электронный ресурс. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542> (дата обращения: 10 февраля 2025).

Об утверждении Изменения № 3 к СП 42.13330.2016 СНиП 2.07.01-89 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений: Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 09.06.2022 № 473/пр. Электронный ресурс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_422972](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_422972). (дата обращения: 04 февраля 2025).

Об утверждении Правил организации и осуществления туризма, в том числе обеспечения безопасности туризма на особо охраняемых природных территориях федерального значения: Постановление Правительства РФ от 21.12.2023 № 2229. Электронный ресурс. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408165771/> (дата обращения: 04 февраля 2025).

ОСТ 56-84-85 «Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения». Электронный ресурс. URL: <https://catalog.belstu.by/catalog/acts/d/IDX245a/view/4383> (дата обращения: 04 февраля 2025).

Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 25.09.2015 № 70/1. Электронный ресурс. URL: <https://sdgs.un.org/ru/2030agenda> (дата обращения: 10 февраля 2025).

СП 398.1325800.2018 Набережные. Правила градостроительного проектирования. Электронный ресурс. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/17952/> (дата обращения: 10 февраля 2025).

СП 475.1325800.2020. Парки. Правила градостроительного проектирования и благоустройства. Термины, определения и сокращения. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564612858> (дата обращения: 04 февраля 2025).

## Список литературы

- Вишаренко В.С., Толоконцев Н.А. 1982. Экологические проблемы городов и здоровье человека. Л., Знание, 33 с.
- Галако В.А., Колтунова В.А. 2002. Рекреационная емкость зеленой зоны г. Екатеринбурга. Леса Урала и хозяйство в них, 22: 152–159.
- Голованова А.В., Ильина Л.А., Дорофеева Е.Н. 2018. Тактильная стена как средство развития сенсорного восприятия детей-инвалидов по зрению. В кн.: Инновации в науке и практике. Материалы XII международной научно-практической конференции, Барнаул, 26 ноября 2018. Уфа, Дендра, Т. 3(4): 111–120.
- Джавадова С.А. 2020. Перспективы развития инклюзивного туризма в России. E-Scio, 2(41): 177–183.
- Кочуров Б.И., Блинова Э.А., Ивашкина И.В. 2021. Развитие российских городов после пандемии COVID-19. Региональные геосистемы, 45(2): 183–193. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193>
- Кривцов В.А., Водорезов А.В., Никифорова Е.М. 2020. Оценка туристско-рекреационной привлекательности рельефа рязанской части геоморфологического района Мещёрской низины. Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, 3(68): 130–141. <https://doi.org/10.37724/RSU.2020.68.3.014>
- Межова Л.А., Летин А.Л., Луговская Л.А. 2015. Теория и практика организации инклюзивного туризма в России и зарубежом. Современные проблемы науки и образования, 1–1: 849.
- Фёдорова О.С. 2021. Разработка проекта «Босоногая тропа» на территории АНО ДО «Амурский биолого-туристический центр» города Благовещенска. В кн.: Молодежный вестник дальневосточной аграрной науки. Благовещенск, Дальневосточный государственный аграрный университет, Т. 6: 42–47.
- Хорошев А.В., Авессаломова И.А., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н., Калуцков В.Н., Матасов В.М., Низовцев В.А., Сысуев В.В., Харитонова Т.И., Чижова В.П., Эрман Н.М., Лощинская Е.С. 2019. Теория и методология ландшафтного планирования. М., Товарищество научных изданий КМК, 444 с.
- Чёрная В.В., Кочуров Б.И. 2024. Новеллы планирования и проектирования городской среды. М., ИНФРА-М, 195 с.
- Чёрная В.В., Кочуров Б.И., Сучков И.А., Блинова Э.А., Воронин Р.М. 2022. Рекреационный мониторинг поверхностных водных объектов (на примере Рязанской области). Грозненский естественнонаучный бюллетень, 7(3(29)): 55–62. <https://doi.org/10.25744/genb.2022.43.86.007>.
- Чёрная В.В., Жильцова Е.Е., Оськин Д.Н., Баковецкая О.В., Черданцева Т.М. 2024. Ландшафтно-экологическое планирование территорий в контексте реабилитации пациентов с хроническими заболеваниями кожи. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова, 32(4): 581–594. <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ569366>.
- Чижова В.П. 2006. Допустимые рекреационные нагрузки в охраняемых природных территориях Камчатки. В кн.: География и туризм. Пермь, Пермский государственный университет, Т. 2: 239–253.
- Chernaya V.V., Moreira P.J., Chizhova V.P., Dubrovskaya A.I., Rakhmankovich A.N. 2021. Developing Rehabilitation Services: Medical and Ecological Tourism Resources for Disabled People and Physically Challenged People in Wetlands Conditions of Natural Protected Areas. International Journal of Healthcare Management, 15(2): 100–106. <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1859779>.
- Derose K.L., Roche L.M., Lile D.F., Eastburn D.J., Tate K.W. 2020. Microbial Water Quality Conditions Associated with Livestock Grazing, Recreation, and Rural Residences in Mixed-Use Landscapes. Sustainability, 12(12): 5207. <https://doi.org/10.3390/su12125207>.
- Hartig T., Mang M., Evans G.W. 2016. Restorative Effects of Natural Environment Experiences. Environment and Behavior, 23(1): 3–26. <https://doi.org/10.1177/0013916591231001>.
- Piskin B.A., Akdeniz N.S. 2023. How Can People with Disabilities Use the Outdoors? An Assessment Within the Framework of Disability Standards. Social Indicators Research, 167(1): 153–174. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03102-z>
- Wong S., Rush J., Bailey F., Just A.C. 2023. Accessible Green Spaces? Spatial Disparities in Residential Green Space Among People with Disabilities in the United States. Annals of the American Association of Geographers, 113(2): 527–548. <https://doi.org/10.1080/24694452.2022.2106177>

## References

- Visharenko V.S., Tolokontsev N.A. 1982. Ekologicheskie problemy gorodov i zedorov'e cheloveka. [Environmental Problems of Cities and Human Health]. Leningrad, Publ. Znaniye, 32 p.
- Galako V.A., Koltunova V.A. 2002. Rekreatsionnaya yemkost' zelenoy zony g. Yekaterinburga [Recreational capacity of the Yekaterinburg green zone]. Lesa Urala i khozyaystvo v nikh, 22: 152–159.
- Golovanova A.V., Il'ina L.A., Dorofeyeva Ye.N. 2018. Taktil'naya stena kak sredstvo razvitiya sensornogo vospriyatiya detey-invalidov po zreniyu Tactile wall as a Means of Developing Sensory Perception of Visually Impaired Children]. In: Innovatsii v nauke i praktike [Innovations in Science and Practice]. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference, Barnaul, 26 November 2018. Ufa, Publ. Dendra, Vol. 3(4): 111–120.
- Javadova S.A. 2020. Perspektivnye razvitiya inklyuzivnogo turizma v Rossii [Prospects for the Development of Inclusive Tourism in Russia]. E-Scio, 2(41): 177–183.
- Kochurov B.I., Blinova E.A., Ivashkina I.V. 2021. Development of Russian Cities After the Covid-19 Pandemic. *Regional geosystems*, 45(2): 183–193 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193>
- Kravtsov V.A., Vodorezov A.V., Nikiforova E.M. 2020. The Assessment of Tourism and Recreation Attractiveness of the Meshchera Lowland Geomorphological Region (Ryazan). *The Bulletin of the Ryazan State University named for S.A. Yesenin*, 3(68): 130–141 (in Russian). <https://doi.org/10.37724/RSU.2020.68.3.014>
- Mezhova L.A., Letin A.L., Lugovskaya L.A. 2015. Theory and Practice of Inclusive Tourism in Russia and Abroad. *Modern problems of science and education*, 1–1: 849 (in Russian).
- Fedorova O.S. 2021. Razvitiye proyekta «Tropa bosonogaja» na territorii ANO DO «Fmurskiy biologoturisticheskiy tsentr» goroda Blagoveshchenska [Development of the «Barefoot Trail» Project on the Territory of the ANO DO «Amur Biological-Tourist Center» of the City of Blagoveshchensk]. In: Molodezhnyy vestnik dal'nevostochnoy agrarnoy nauki [Youth Bulletin of Far Eastern Agricultural Science]. Blagoveshchensk, Publ. Dalnevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, Vol. 6: 42–47.
- Khoroshev A.V., Avsalomova I.A., Dyakonov K.N., Ivanov A.N., Kalutskov V.N., Matasov V.M., Nizovtsev V.A., Sysuev V.V., Kharitonova T.I., Chizhova V.P., Erman N.M., Loschinskaya E.S. 2019. Teoriya i metodologiya landshaftnogo planirovaniya [Theory and Methodology of Landscape Planning]. Moscow, Publ. Partnership of Scientific Publications KMK, 444 p.
- Chernaya V.V., Kochurov B.I. 2024. Novelty planirovaniya i proyektirovaniya gorodskoy sredy. [Novelties of Urban Planning and Environmental Design]. Moscow, Publ. INFRA-M, 195 p.
- Chernaya V.V., Kochurov B.I., Suchkov I.A., Blinova E.A., Voronin R.M. 2022. Recreational Monitoring of Surface Water Objects (on the Ryazan Region Example). *Grozny Natural Science Bulletin*, 7(3(29)): 55–62 (in Russian). <https://doi.org/10.25744/genb.2022.43.86.007>
- Chernaya V.V., Zhiltsova E.E., Osokin D.N., Bakovetskaya O.V., Cherdantseva T.M. 2024. Landscape-Environmental Planning of Territories in the Context of Rehabilitation of Patients with Chronic Skin Diseases. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*, 32(4): 581–594 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/PAVLOVJ569366>
- Chizhova V.P. 2006. Dopustimyye rekreatsionnyye nagruzki na okhranyayemykh territoriyakh Kamchatki. [Permissible Recreational Loads in Protected Natural Territories of Kamchatka]. In: *Geografiya i turizm* [Geography and tourism]. Perm, Publ. Perm State University, Vol.2: 239–253.
- Chernaya V.V., Moreira P.J., Chizhova V.P., Dubrovskaya A.I., Rakhmankovich A.N. 2021. Developing Rehabilitation Services: Medical and Ecological Tourism Resources for Disabled People and Physically Challenged People in Wetlands Conditions of Natural Protected Areas. *International Journal of Healthcare Management*, 15(2): 100–106. <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1859779>.
- Derose K.L., Roche L.M., Lile D.F., Eastburn D.J., Tate K.W. 2020. Microbial Water Quality Conditions Associated with Livestock Grazing, Recreation, and Rural Residences in Mixed-Use Landscapes. *Sustainability*, 12(12): 5207. <https://doi.org/10.3390/su12125207>.
- Hartig T., Mang M., Evans G.W. 2016. Restorative Effects of Natural Environment Experiences. *Environment and Behavior*, 23(1): 3–26. <https://doi.org/10.1177/0013916591231001>.

Piskin B.A., Akdeniz N.S. 2023. How Can People with Disabilities Use the Outdoors? An Assessment Within the Framework of Disability Standards. *Social Indicators Research*, 167(1): 153–174. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03102-z>

Wong S., Rush J., Bailey F., Just A.C. 2023. Accessible Green Spaces? Spatial Disparities in Residential Green Space Among People with Disabilities in the United States. *Annals of the American Association of Geographers*, 113(2): 527–548. <https://doi.org/10.1080/24694452.2022.2106177>

Поступила в редакцию 20.02.2025;  
поступила после рецензирования 24.03.2025;  
принята к публикации 11.05.2025

Received February 20, 2025;  
Revised March 24, 2025;  
Accepted May 11, 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

**Кочуров Борис Иванович**, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела физической географии проблем природопользования, Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия

**Чёрная Виолетта Вячеславовна**, кандидат географических наук, доцент кафедры медицины катастроф и скорой медицинской помощи, Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, г. Рязань, Россия

**Блинова Элеонора Анатольевна**, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры географии, экологии и туризма, Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

**Бирюкова Елена Вадимовна**, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и туризма, Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Boris I. Kochurov**, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Leading Researcher, Department of Physical Geography and Nature Management Problems, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Violetta V. Chernaya**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Disaster Medicine and Emergency Medical Care, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

**Eleonora A. Blinova**, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Geography, Ecology and Tourism, Ryazan State University named after S. Yesenin, Ryazan, Russia

**Elena V. Biryukova**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Tourism, Ryazan State University named after S. Yesenin, Ryazan, Russia

УДК 379.851  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-231-240  
EDN BXAKNL

## Имиджевая политика Республики Татарстан в сфере туризма

**Булатова Г.Ф., Дюрягина Ю.Ю.**

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Россия, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, корп. 1  
gfvaleeva@gmail.com, imsuchasad@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается имиджевая политика региона в сфере туризма на примере Республики Татарстан. Выбор региона обусловлен богатыми природными ресурсными возможностями, уникальным культурно-историческим наследием, разнообразным этнографическим составом, выгодным географическим положением. В исследовании анализируются основные стратегии и механизмы формирования имиджа региона как туристического направления, а также оцениваются их эффективность и влияние на привлечение туристов. Особое внимание уделяется использованию культурного наследия и национальных традиций для продвижения региона на туристском рынке. Создание и поддержание благоприятного и грамотно выстроенного имиджа туристской дестинации – эффективный инструмент продвижения туристских услуг, повышения конкурентоспособности рекреационной территории. При этом важно и грамотное продвижение имиджа самой туристской дестинации. Авторы в исследовании затрагивают вопросы взаимосвязи между имиджем региона и его экономическим развитием через призму туризма. Положительный имидж дестинации способствует проведению в регионе множества международных событий (Универсиада в 2013 году, Чемпионат мира по водным видам спорта в 2015 году, Игры будущего в 2024 году), XVI саммит БРИКС. В связи с этим целью исследования является анализ имиджевой политики региона в сфере туризма на примере Республики Татарстан, с акцентом на особенности, а также влияние на привлечение туристов. Результаты исследования могут быть полезны для разработки стратегии имиджевой политики в сфере туризма других дестинаций, ведь, благодаря вхождению региона в лидеры по привлекательности для туристов, в вопросах формирования и продвижения туристского имиджа опыт республики можно считать успешным.

**Ключевые слова:** туристский имидж, туризм, формирование имиджа, туристский потенциал, бренд территории, развитие туризма

**Для цитирования:** Булатова Г.Ф., Дюрягина Ю.Ю. 2025. Имиджевая политика Республики Татарстан в сфере туризма. Региональные геосистемы, 49(2): 231–240. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-231-240 EDN: BXAKNL

---

## Image Policy of the Republic of Tatarstan in the Field of Tourism

**Gulnara F. Bulatova, Yulia Yu. Dyuryagina**

Kazan (Volga Region) Federal University  
18 Kremlevskaya St, building 1, Kazan 420008, Russia  
gfvaleeva@gmail.com, imsuchasad@mail.ru

**Abstract.** The article examines the image policy of the region in the field of tourism using the example of the Republic of Tatarstan. The choice of the region is determined by its rich natural resource opportunities, unique cultural and historical heritage, diverse ethnographic composition, and advantageous geographical location. The study analyzes the main strategies and mechanisms for shaping the region's image as a tourist destination and assesses their effectiveness and impact on attracting

© Булатова Г.Ф., Дюрягина Ю.Ю., 2025

tourists. Special attention is paid to the use of cultural heritage and national traditions to promote the region in the tourist market. Creating and maintaining a favorable and well-structured image of a tourist destination is an effective tool for promoting tourist services and increasing the competitiveness of a recreational area. At the same time, it is also important to competently promote the image of the tourist destination itself. The authors of the study touch upon the relationship between the image of the region and its economic development through the prism of tourism. The positive image of the destination allows holding many international events in the region (the Universiade in 2013, the World Aquatics Championships in 2015, the Games of the Future in 2024), the XVI BRICS Summit. In this regard, the purpose of the study is to analyze the image policy of the region in the field of tourism using the example of the Republic of Tatarstan, with an emphasis on the features, as well as the impact on attracting tourists. The results of the study can be useful for developing an image policy strategy in the tourism sector of other destinations, as the republic's experience may be considered to be successful, given that the region has become a leader in terms of attractiveness for tourists in matters of forming and promoting a tourist image.

**Keywords:** tourist image, tourism, image formation, tourism potential, brand of the territory, tourism development

**For citation:** Bulatova G.F., Dyuryagina Yu.Yu. 2025 Image Policy of the Republic of Tatarstan in the Field of Tourism. Regional geosystems, 49(2): 231–240 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-231-240 EDN: BXAKNL

## Введение

Современный мир представляет собой непрерывное соперничество стран и регионов за туристские потоки. Однако не всегда достаточно просто иметь богатое культурное наследие или живописные природные ландшафты [Yan et al., 2022], чтобы привлечь внимание населения. Важную роль играет имидж страны или региона в глазах потенциальных туристов. Имидж является объектом множества теоретических и практических исследований, однако развитие требует постоянного мониторинга лучших практик с целью их распространения на другие территории.

В связи с этим целью исследования является анализ имиджевой политики региона в сфере туризма на примере Республики Татарстан с акцентом на особенности, а также влияние на привлечение туристов.

Имидж, будь то человека, компании или региона – важнейшая характеристика в современном мире. Бытовой или формальный имидж территории определяет целую систему взглядов и ценностей, которые при благоприятном прогнозе в перспективе способны улучшать все сферы ее развития и, как следствие, качество жизни населения, проживающего на ней [Валеева, 2022].

Раскроем авторский подход к анализируемым дефинициям.

Туристский имидж региона – система представлений, убеждений и ощущений потенциальных туристов о дестинации, которая формируется благодаря личным впечатлениям, отзывам, а также имеющейся справочной информации о достопримечательностях, ресурсах туристского региона.

Имиджевая политика региона – интеграция всевозможных механизмов его комплексного продвижения на рынке различных стейк-холдеров с целью повышения конкурентоспособности.

Продвижение туристских услуг – совокупность механизмов, применяемых субъектами рынка или отраслевыми органами власти, для увеличения туристского потока.

Механизмы продвижения турпродукта – симбиоз способов рекламных и нерекламных методов, реализующихся с целью его узнаваемости и усовершенствования на рынке [Валеева, 2022].

## Объекты и методы исследования

Исследование стало возможно благодаря теоретическим материалам о туристском имидже территории, о продвижении дестинаций и туристских продуктов на рынки [Kazakova et al., 2019; Валеева, 2021]. Практическая часть посвящена анализу туристского имиджа Республики Татарстан, который был реализован на основе качественного анализа имеющейся информации о развитии и перспективах туризма в республике – открытых данных Государственного комитета по туризму Республики Татарстан (Итоги работы за 2022–2023 годы, а также тематические отчеты), Туристско-информационного центра республики, комитета по туризму города Казани. Большой вклад в тематику исследований за последние годы вносят представители географических и экономических научных школ, например, Лапочкина В.В. [2008], Лиханова В.В., Макринова Е.И., Эйдельман Б.М. и другие.

В процессе проведения исследования были применены сравнительный, исторический методы, а также метод анализа. Благодаря анализу исторических аспектов выявлены ключевые преимущества анализируемой дестинации, которые легли в основу формирования и продвижения имиджа. Сравнительный метод позволил сопоставить механизмы формирования и продвижения имиджа в регионе. Анализ полученных данных позволил выявить преимущества и недостатки, провести мониторинг финансирования, выявить возможность применения для других регионов.

## Результаты и их обсуждение

Создание и поддержание благоприятного и грамотно выстроенного имиджа туристской дестинации – эффективный инструмент продвижения туристских услуг, завоевания [Валеева, 2022] интереса потенциальных туристов, и соответственно, увеличения доходов региона. Имидж способен сформировать уровень интереса к дестинации, его быту, культуре, достопримечательностям, он формирует систему особенностей региона, способствующих привлечению туристов.

Объектом исследования выбрана Республика Татарстан. Это один из крупнейших и наиболее развитых регионов Российской Федерации, который входит в состав Поволжского экономического района. Имиджевая политика Татарстана в области туризма активно развивается и совершенствуется год за годом.

Республика Татарстан на фоне других субъектов Приволжского федерального округа обладает огромным туристско-рекреационным потенциалом, который определяется:

- 1) наличием мегаполиса – город Казань;
- 2) богатыми природными ресурсными возможностями;
- 3) уникальным культурно-историческим наследием;
- 4) разнообразным этнографическим составом;
- 5) выгодным географическим положением [Соловская, 2022].

Для освещения географического аспекта исследования имиджа Республики Татарстан в контексте туризма можно выделить несколько ключевых территорий и центров, которые формируют его привлекательность:

1. Объекты всемирного наследия ЮНЕСКО: Казанский кремль, Болгарский историко-археологический комплекс, Успенский собор и монастырь острова-града Свияжск.

2. Водные ресурсы. На территории Республики Татарстан расположено более 8 тысяч озёр. Общая площадь водных ресурсов республики составляет 4,4 тысячи квадратных километров, что составляет 6,4 % от всей её площади. В регионе функционируют четыре водохранилища, созданные на реках Волга, Кама, Степной Зай и Бугульминский Зай.

3. Особо охраняемые территории. В Республике Татарстан находятся национальный парк «Нижняя Кама» и Волжско-Камский заповедник, которые являются одними из самых популярных направлений для экотуризма в регионе.

Профильный орган развития туризма в регионе – Государственный комитет по туризму Республики Татарстан. В Казани активно работает Туристско-информационный центр, который:

- осуществляет продвижение Республики Татарстан на внутреннем и международном туристских рынках;
- организует участие в специализированных выставках;
- проводит рекламные и пресс-туры;
- издает рекламную продукцию и проводит презентации туристского потенциала города на различных уровнях;
- взаимодействует с туроператорами и гостиницами с целью координации деятельности по продвижению г. Казани и Республики Татарстан [Туристско-информационный центр..., 2025].

Кроме того, сайты и социальные сети, посвященные туризму в Татарстане, такие как официальные страницы Министерства культуры Республики Татарстан, а также туристические порталы, которые предлагают актуальную информацию о событиях и возможностях для отдыха, о состоянии отрасли туризма в регионе.

Министерство культуры Республики Татарстан является органом исполнительной власти Республики Татарстан отраслевой компетенции, реализующим государственную политику и регулирующим отношения в сфере культуры, искусства, кинематографии, государственной охраны, сохранения, использования и популяризации объектов культурного наследия в пределах полномочий, отнесенных к ведению субъектов Российской Федерации, а также в пределах переданных Российской Федерацией полномочий в соответствии с федеральным законодательством [Министерства культуры Республики Татарстан..., 2025].

На сайте министерства публикуются как анонсы предстоящих культурно-познавательных мероприятий, так и планы по реализации проектов, связанных с развитием отрасли туризма.

Основные принципы, на которых строится имиджевая политика в сфере туризма Республики Татарстан, – сохранение и продвижение культурного, исторического и этнографического наследия, развитие инфраструктуры, создание комфортных условий для посещения региона и увеличение привлекательности для туристов [Булатова, Дюрягина, 2024].

По итогам 2023 года среднее время пребывания туриста в Татарстане – 3,2 суток, средняя сумма его затрат – 22,4 тыс. рублей. Оборот же отрасли составил 88,4 млрд рублей [Итоги работы ..., 2022; Булатова, Дюрягина, 2024].

Туристский поток в Республику Татарстан за 10 лет с 2013 года по 2023 год увеличился с 2,2 млн человек в год до 4 млн соответственно. Каждый год наблюдается прирост туристов в регион, за исключением 2020 года, причина – пандемия коронавируса, которая в дальнейшем отразилась на развитии внутреннего туризма (табл.) [Чимирис, 2020; Eidelman et al., 2020a, b; Valeeva et al., 2020].

В стратегию развития сферы туризма в Республике Татарстан входит создание удобной и современной инфраструктуры. Развитие гостиничного бизнеса, медицинского и гастрономического туризма, развлекательных и спортивных мероприятий – все это направлено на повышение привлекательности региона в глазах отечественных и международных туристов. Благодаря активной имиджевой политике, проводимой в Республике Татарстан, регион с каждым годом становится более известным и востребованным среди жителей России и близлежащих стран [Булатова, Дюрягина, 2024].

Туристский поток в Республику Татарстан  
Tourist flow into the Republic of Tatarstan

Год	Туристский поток, млн чел.	Темп роста, %	Темп прироста, %
2013	2,2	122	22
2014	2,5	114	14
2015	2,7	108	8
2016	2,9	107	7
2017	3,1	107	7
2018	3,4	110	10
2019	3,6	106	6
2020	1,9	53	-47
2021	3,3	174	74
2022	3,9	118	18
2023	4,0	103	3

Составлено автором по [Итоги работы ..., 2023].

Последние изменения в отрасли, влияющие на имидж республики, это: активное участие в национальном проекте «Туризм и индустрия гостеприимства», создание туристского кода центра города (Казань – 225 элементов, Елабуга – 334 элемента), развитие межрегионального проекта «Великий Волжский путь», создание Центра развития кадрового потенциала туристской отрасли, активное строительство и развитие модульных некапитальных средств размещения, межрегиональные туры на «Метеорах» и «Валдаях» [Булатова, Дюрягина, 2024]. В 2016 году для развития туризма в Республике Татарстан Государственный комитет Республики Татарстан по туризму создал свой туристический бренд – Visit Tatarstan [Валеева, 2022; Булатова, Дюрягина, 2024].

Рассмотрим основные механизмы продвижения туристского продукта Республики Татарстан с целью анализа его преимуществ и недостатков, оценки влияния на имидж региона, оценки перспектив возможности использования их в других регионах [Итоги работы..., 2023; Доклад «Об итогах работы..., 2024]:

1. Активное участие региона на туристских выставках. За 2023 год крупных выставок было три, две из них ежегодно проходят в г. Москве: «Интурмаркет» и МИТТ – это самые крупные выставки в России в категории «Туризм и отдых», международные деловые площадки для стран, регионов и туристических компаний со всего мира, которые представляют свои продукты и услуги на российском рынке [Шарафутдинова, 2023].

Государственный комитет Республики Татарстан и представители 40 организаций сферы туризма республики достойно представили бренд *Visit Tatarstan*, формируя положительный имидж участников выставки. Третьей выставкой было участие в форуме «Здравница», который прошел в г. Хабаровске. Здесь был представлен богатый потенциал региона в вопросах лечебно-оздоровительного туризма.

2. Роуд-шоу и презентации. За 2023 год туристский потенциал Республики Татарстан был представлен на 8 международных аренах, например, в Исламской Республике Иран (Тегеран), Китайской Народной Республике (г. Хэфэй), Объединенных Арабских Эмиратах (Дубай).

3. В республике принят 191 туроператор и 43 журналиста: за 2023 год были организованы рекламно-информационные туры для представителей свыше 20 регионов страны, а также дружественных зарубежных стран.

4. Отсняты проморолики для проектов «VK Места» и «Яндекс.Путешествия», организованы: 1) съемки передачи Первого канала «Повара на колесах», развивающие имидж республики как гастрономического центра России; 2) съемки передачи телеканала «Пятница» «Руссо Экспрессо» [Булатова, Дюрягина, 2024].

5. Организовано и развивается сотрудничество с Комитетом по туризму города Москвы, авиакомпанией «Северный ветер», Корпорацией «Туризм.РФ», при участии которой на территории республики планируется реализация уникального проекта новой туристской территории «Казань марина» и др. [Булатова, Дюрягина, 2024].

6. Активно продвигается проект «Гостеприимная Казань», раскрывающий столицу региона как всесторонне развивающийся и привлекательный для туристов город.

7. Начаты работы по подготовке и продвижению предприятий сферы туризма и гостеприимства, приуроченные к проведению многочисленных международных событий 2024 года.

8. Активно продвигается бренд республики путем оформления световых коробов в аэропорту «Шереметьево», приглашающих посетить Татарстан (20 шт., которые увидели 5 млн пассажиров), размещения постеров с информацией о татарской культуре, истории и гастрономии в поезде дальнего следования «Премиум», следующим по маршруту Москва – Казань (111 шт.), проведения рекламной кампании «Приезжайте в Татарстан на Новый год и каникулы!» в сети Интернет и др.

9. Регулярно, информативно и привлекательно для потенциальных туристов наполняются официальные источники информации о туристическом бренде и имидже республике – сайт Государственного комитета Республики Татарстан по туризму (320 новостей на русском и татарском языках), туристский портал [visit-tatarstan.ru](http://visit-tatarstan.ru), страница *Visit Tatarstan* во «ВКонтакте» и *Telegram* [Булатова, Дюрягина, 2024], мобильное приложение «Карта туриста Казани и Татарстана». Портал за 2023 год посетили 213 тыс. пользователей, а приложение скачало 6,8 тыс. туристов.

10. Проведение активной рекламы в печатных и электронных СМИ: инициировано порядка 2 тыс. публикаций, на теле- и радиоканалах – 134 сюжета и 19 интервью, проведены 14 тематических пресс-конференций и брифингов.

11. Организация пресс-туров с участием СМИ [Булатова, Дюрягина, 2024] (более 15 за 2023 год). Журналисты посетили открытие многих культовых для республики мест, побывали на многих фестивалях и событиях региона, как результат – в электронных и печатных изданиях вышло более 230 публикаций, на местных телеканалах – порядка 47 видеорепортажей.

12. Популяризация туризма посредством аудио- и видеоэкскурсий на официальных сайтах, которые пользуются большой популярностью: зафиксировано 6,8 тыс. скачиваний.

13. Республика Татарстан и в частности Казань используется как площадка для проведения крупных международных мероприятий, таких как ежегодный Международный фестиваль медиаискусства НУР и «Игры будущего», которые были проведены в феврале 2024 года, – первые в истории соревнования по фиджитал-спорту [Копаева, 2023; Булатова, Дюрягина, 2024].

14. Создание и продвижение новых видов туризма, в особенности экологического. На территории республики, богатой природными ландшафтами, построено большое количество глэмпингов и эко-отелей. Глэмпинги подразумевают «стильное» проживание на свежем воздухе: этот тип отдыха объединяет современный комфорт и близость к природе.

15. Многочисленные статусы г. Казани, которые активно освещаются в СМИ и к которым приурочиваются многие мероприятия городского и республиканского уровня. На сегодняшний день г. Казань имеет статусы «Третьей столицы России», «Спортивной столицы России», «Город трудовой доблести», а также «Гастрономической столицы России» [Казань – гастрономическая столица ..., 2025]. Казань также считают городом, где встречаются Восток и Запад, здесь очень развит религиозный туризм [Абдулсатторов, Валеева, 2022].

Таким образом, выявленные наиболее значимые механизмы продвижения туристского продукта Татарстана имеют стратегически единое видение имиджа республики. Благодаря продвижению на разных туристических рынках, использованию как ТВ, так и

инновационных способов рекламы, проведению крупных международных событий и правильной их «подачи» для туриста, наличию грамотно выстроенной коммуникации с конечным потребителем складывается положительный туристский имидж региона. Бессспорно, не все регионы нашей страны готовы тратить из бюджета такие баснословные финансовые средства на проведение некоторых из перечисленных мероприятий. Также для других регионов, помимо финансирования, сложность внедрения способов продвижения, примененных в Республике Татарстан, может заключаться в нехватке квалифицированных кадров.

Данный перечень включает в себя лишь ключевые имиджевые составляющие туристского потенциала республики. Все они регулярно дополняются, подстраиваясь под современные потребности туристов. Не все регионы на сегодняшний день способны презентовать себя на международной арене и тем более проводить у себя мероприятия подобного уровня, привлекая сотни туристов и потенциальных инвесторов. Ближайшие международные события в республике меняют облик столицы молниеносно. Все перечисленные механизмы подтверждают, что туристский имидж дестинации является важнейшим фактором устойчивого развития как внутреннего, так и международного туризма [Эйдельман и др., 2017; Eidelman et al., 2018].

### Заключение

Инструменты продвижения могут значительно повлиять на имидж Республики Татарстан, создав определенное представление о регионе как у потенциальных туристов, так и у инвесторов и жителей других регионов.

Позитивные инструменты продвижения, такие как туристические рекламные кампании, выставки и фестивали, могут способствовать повышению привлекательности республики как туристического направления, привлечению инвестиций и развитию культурного обмена с другими регионами. Такие мероприятия формируют позитивный образ Татарстана и повышают его узнаваемость среди регионов-конкурентов.

Негативные инструменты продвижения, например, скандальные события, негативная информационная кампания или несовершенства в инфраструктуре, могут нанести ущерб имиджу региона и вызвать отрицательные ассоциации у общественности.

Таким образом, выбор инструментов продвижения играет важную роль в формировании и поддержании имиджа республики, от этого зависит как ее будут воспринимать и жители Татарстана, и гости из других регионов. Благодаря эффективной стратегии формирования имиджа, проводимой в Республике Татарстан, регион приобретает все большую известность и популярность среди населения. Этот опыт может быть использован для продвижения других регионов РФ.

### Список источников

- Доклад «Об итогах работы Государственного комитета Республики Татарстан по туризму в 2023 году и задачах на 2024 год. Электронный ресурс. URL: [https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_4028240\\_enc\\_194469.pdf](https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub_4028240_enc_194469.pdf) (дата обращения: 12.07.2024).
- Итоги работы Государственного комитета Республики Татарстан по туризму за 2022 год. Электронный ресурс. URL: [https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_3557316\\_enc\\_179829.pdf](https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub_3557316_enc_179829.pdf) (дата обращения: 15.10.2024).
- Итоги работы Государственного комитета Республики Татарстан по туризму за 2023 год. Электронный ресурс. URL: [https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub\\_4028240\\_enc\\_194519.pdf](https://tourism.tatarstan.ru/file/pub/pub_4028240_enc_194519.pdf) (дата обращения: 07.08.2024).
- Казань – гастрономическая столица России. Официальный портал органов местного самоуправления города Казани. Электронный ресурс. URL: <https://kzn.ru/meriya/ispolnitelnyy-komitet/komitet-po-razvitiyu-turizma-g-kazani/kazan-gastronomiceskaya-stolitsa-rossii/> (дата обращения: 12.02.2025).

Туристко-информационный центр. Электронный ресурс. URL: <https://kazantravel.ru> (дата обращения: 12.10.2024).

Министерство культуры Республики Татарстан. Электронный ресурс. URL: <https://mincult.tatarstan.ru/tseli-i-zadachi.htm> (дата обращения: 12.10.2024).

### Список литературы

- Абдусатторов А.А., Валеева Г.Ф. 2022. Маркетинговые инструменты повышения привлекательность Республики Татарстан в аспекте развития религиозного туризма. В кн.: Актуальные проблемы социоэкономики в XXI веке. XIV Международная научная конференция студентов и молодых учёных, Москва, 8 апреля 2022. Москва, Русайнс: 19–23.
- Булатова Г.Ф., Дюрягина Ю.Ю. 2024. Особенности региональных аспектов развития туризма (на примере Республики Татарстан). В кн.: Приоритетные направления и проблемы развития внутреннего и международного туризма. Материалы IX Международной научно-практической конференции, Ялта, 23–24 мая 2024. Симферополь, ИТ «АРИАЛ»: 262–264.
- Валеева Г.Ф. 2021. Тенденции развития индустрии туризма в Российской Федерации. В кн.: Настоящее и будущее России в меняющемся мире: общественно-географический анализ и прогноз. Материалы международной научной конференции, Ижевск, 13–18 сентября 2021. Ижевск, Удмуртский университет: 812–817.
- Валеева Г.Ф. 2022. Формирование имиджевой политики Республики Татарстан в сфере туризма. В кн.: Приоритетные направления и проблемы развития внутреннего и международного туризма. Материалы VII Международной научно-практической конференции, Ялта, 13–14 мая 2022. Симферополь, Ариал: 264–268.
- Копаева Э.И. 2023. Развитие креативных кластеров как фактор стимулирования событийного туризма в регионе (на примере Республики Татарстан. Молодой ученый, 49: 620–627.
- Лапочкина В.В. 2008. Формирование имиджа туристских территорий (на примере Смоленской области). Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Москва, 38 с.
- Соловская А.В. 2022. Анализ и характеристика туристского ресурсного потенциала Республики Татарстан. Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса, 16(1): 50–59.
- Чимирис С.В. 2020. Влияние кризиса пандемии коронавируса COVID-19 на туристическую отрасль России и перспективы ее развития. Евразийский юридический журнал, 6(145): 446–447.
- Шарафутдинова Э.И. 2023. Брендинг города: особенности формирования и перспективы развития внутреннего туризма стран. В кн.: XXV Международный Балтийский коммуникационный форум. Материалы студенческой научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 1–2 декабря 2023. Санкт-Петербург, СПбГУТ: 298–300.
- Эйдельман Б.М., Бунаков О.А., Фахрутдинова Л.Р. 2017. Разработка российских территориальных брендов как фактор устойчивого развития внутреннего туризма. Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии, 3–1(32): 192–195.
- Eidelman B.M., Bunakov O.A., Fakhrutdinova L.R., Valeeva G.F. 2020a. Trends of Development of the Industry of Tourism after End of Coronavirus. Turismo-Estudos and Praticas, 4: 1–8.
- Eidelman B.M., Bunakov O.A., Fakhrutdinova L.R., Valeeva G.F. 2020b. The Prospects of Development of Territorial Branding in Russia in Modern Conditions. Turismo-Estudos and Praticas, 5: 1–8.
- Eidelman B.M., Fakhrutdinova L.R., Galimov S.S. 2018. Improvement of the Architecture of Territorial Brands in Current Conditions. Journal of Engineering and Applied Sciences, 13(S4): 3700–3703. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.3700.3703>
- Kazakova E., Girfanova L., Yagofarovna A. 2019. Tourist Routes Through Small Historic Cities of the Republic of Tatarstan. Gênero & Direito, 8(4): 216–230. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2179-7137.2019v8n4.48460>
- Valeeva G.F., Bunakov O.A., Eidelman B.M. 2020. Influence of Economic Crises on the Sphere of Tourism: Myths and Reality. Turismo-Estudos and Praticas, 4: 1–7.
- Yan Y., Chunfa Sh., Jiali D. 2020. Visual Analysis of Tourism Image Research from the Perspective of Culture. International Conference on Innovation Design and Digital Technology (ICIDDT), China, 05–06 December 2020. China, Zhenjing: 147–151. <https://doi.org/10.1109/ICIDDT52279.2020.00034>.

## References

- Abdusattorov A.A., Valeeva G.F. 2022. Marketingovye instrumenty povysheniya privlekatel'nosti Respubliki Tatarstan v aspekte razvitiya religioznogo turizma [Marketing Tools to Increase the Attractiveness of the Republic of Tatarstan in Terms of Religious Tourism Development]. In: Aktual'nye problemy socioekonomiki v XXI veke [Actual Problems of Socioeconomics in the 21st Century]. XIV International scientific conference of students and young scientists, Moscow, 8 April 2022. Moscow, Pabl. Rusayns: 19–23.
- Bulatova G.F., Dyuryagina Yu.Yu. 2024. Osobennosti regional'nyh aspektov razvitiya turizma (na primere Respubliki Tatarstan) [Peculiarities of Regional Aspects of Tourism Development (on the Example of the Republic of Tatarstan)]. In: Prioritetnye napravleniya i problemy razvitiya vnutrennego i mezhdunarodnogo turizma [Priority Areas and Problems of Development of Domestic and International Tourism]. Proceedings of the IX International scientific and practical conference, Yalta, 23–24 May 2024. Simferopol, Pabl. IT "ARIAL": 262–264.
- Valeeva G.F. 2021. Trends in the Development of the Tourism Industry in the Russian Federation. In: The Present and Future of Russia in a Changing World: Socio-Geographical Analysis and Forecast. Proceedings of the International Scientific Conference, Izhevsk, 13–18 September 2021. Izhevsk, Pabl. Udmurtskiy Universitet: 812–817 (in Russian).
- Valeeva G.F. 2022. Formation of the Image Policy of the Republic of Tatarstan in the Field of Tourism. In: Priority Areas and Problems of Development of Domestic and International Tourism. Proceedings of the VII International scientific and practical conference, Yalta, 13–14 May 2022. Simferopol, Pabl. Arial: 264–268 (in Russian).
- Kopaeva E.I. 2023. Razvitiye kreativnyh klasterov kak faktor stimulirovaniya sobytijnogo turizma v regione (na primere Respubliki Tatarstan) [Development of Creative Clusters as a Factor in Stimulating Event Tourism in the Region (Using the Example of the Republic of Tatarstan)]. Molodoj uchenyj, 49: 620–627.
- Lapochkina V.V. 2008. Formirovaniye imidzha turistskikh territorij (na primere Smolenskoj oblasti) [Formation of the Image of Tourist Territories (on the Example of the Smolensk Region)]. Abstract. dis. ... cand. ekon. scienses. Moskow, 38 p.
- Solovskaya A.V. 2022. Analiz i harakteristika turistskogo resursnogo potenciala Respubliki Tatarstan [Analysis and Characteristics of the Tourist Resource Potential of the Republic of Tatarstan]. Vestnik associacii vuzov turizma i servisa, 16(1): 50–59.
- Chimiris S.V. 2020. Influence of the Crisis of the Coronavirus Pandemia Covid-19 on the Tourism Industry of Russia and the Prospects of Its Development. Eurasian Law Journal, 6(145): 446–447 (in Russian).
- Sharafutdinova E.I. 2023. Branding goroda: osobennosti formirovaniya i perspektivy razvitiya vnutrennego turizma stran [City Branding: Features of Formation and Prospects for Development of Domestic Tourism of Countries]. In: XXV International Baltic Communication Forum. Proceedings of the student scientific and practical conference, St. Petersburg, 1–2 December 2023. St. Petersburg, Pabl. SPbSUT: 298–300.
- Eidelman B.M., Bunakov O.A., Fahrutdinova L.R. 2017. Razrabotka rossijskih territorial'nyh brendov kak faktor ustojchivogo razvitiya vnutrennego turizma [Development of Russian Territorial Brands as a Factor in the Sustainable Development of Domestic Tourism]. Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii, 3–1(32): 192–195.
- Eidelman B.M., Bunakov O.A., Fahrutdinova L.R., Valeeva G.F. 2020a. Trends of Development of the Industry of Tourism after End of Coronavirus. Turismo-Estudos and Praticas, 4: 1–8.
- Eidelman B.M., Bunakov O.A., Fahrutdinova L.R., Valeeva G.F. 2020b. The Prospects of Development of Territorial Branding in Russia in Modern Conditions. Turismo-Estudos and Praticas, 5: 1–8.
- Eidelman B.M., Fahrutdinova L.R., Galimov S.S. 2018. Improvement of the Architecture of Territorial Brands in Current Conditions. Journal of Engineering and Applied Sciences, 13(S4): 3700–3703. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.3700.3703>
- Kazakova E., Girfanova L., Yagofarovna A. 2019. Tourist Routes Through Small Historic Cities of the Republic of Tatarstan. Gênero & Direito, 8(4): 216–230. <https://doi.org/10.22478/ufpb.2179-7137.2019v8n4.48460>
- Valeeva G.F., Bunakov O.A., Eidelman B.M. 2020. Influence of Economic Crises on the Sphere of Tourism: Myths and Reality. Turismo-Estudos and Praticas, 4: 1–7.

Yan Y., Chunfa Sh., Jiali D. 2020. Visual Analysis of Tourism Image Research from the Perspective of Culture. International Conference on Innovation Design and Digital Technology (ICIDDT), China, 05–06 December 2020. China, Zhenjing: 147–151. <https://doi.org/10.1109/ICIDDT52279.2020.00034>.

*Поступила в редакцию 11.02.2025;  
поступила после рецензирования 09.04.2025;  
принята к публикации 18.05.2025*

*Received February 11, 2025;  
Revised April 09, 2025;  
Accepted May 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

**Булатова Гульнара Фаридовна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры туризма и гостиничного дела Института управления, экономики и финансов, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

**Дюрягина Юлия Юрьевна**, магистрант кафедры туризма и гостиничного дела, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Gulnara F. Bulatova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Tourism and Hotel Business, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

**Yulia Yu. Dyuryagina**, Master's student, Department of Tourism and Hotel Business, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

УДК 9; 433  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-241-254  
EDN BYGJMB

## Современное положение и особенности развития зернового хозяйства в Газах-Товузском экономическом районе

Мамедова Д.А.

Институт географии им. акад. Г.А. Алиева,  
Министерства науки и образования Азербайджанской Республики  
Азербайджанская Республика, AZ1143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 115  
dilber.geo@mail.ru

**Аннотация.** Зерно на протяжении многих веков является основой питания человеческого общества. Выращиванием зерновых культур с древнейших времен занимались многие народы, в том числе жившие на территории современного Азербайджана. Поэтому зерноводство является одной из важнейших отраслей растениеводства в республике, в том числе в исследуемом Газах-Товузском экономическом районе. Зерновое хозяйство также играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности региона и повышении доходов населения, занятого в сельском хозяйстве. Для улучшения обеспечения населения зерновыми продуктами, рост производства зерновых приобретает важное значение. Статья посвящена изучению современного состояния зерноводства, которое является одним из наиболее стратегических продуктов страны, и перспективе его развития (на примере Газах-Товузского экономического района). Здесь, в первую очередь, исследованы земельные ресурсы, особенности местного климата, водные запасы и пути их рационального использования в территориальной организации эффективного зерноводства в экономическом районе. Приведены сведения о созданных здесь новых сортах зерновых культур, о развитии земледелия в разные периоды и районы их широкого распространения.

**Ключевые слова:** Азербайджан, зерноводство, пшеница, ячмень, кукуруза, урожайность

**Для цитирования:** Мамедова Д.А. 2025. Современное положение и особенности развития зернового хозяйства в Газах-Товузском экономическом районе. Региональные геосистемы, 49(2): 241–254. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-241-254 EDN: BYGJMB

## Current Situation and Features of Grain Farming Development in the Gazakh-Tovuz Economic Region

Dilbar A. Mamedova

Institute of Geography named after Acad. G.A. Aliyev,  
Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan  
115 G. Javid Ave., Baku AZ1143, Republic of Azerbaijan  
dilber.geo@mail.ru

**Abstract.** Grain has been the basis of human nutrition for many centuries. Grain farming has a very ancient history all over the world, Azerbaijan being among the examples. Therefore, grain growing is one of the most important branches of plant farming in republic, including the Gazakh-Tovuz economic region under study. To improve the provision of the population with grain products, the growth of grain production is of great importance. The article is devoted to the study of the current state of grain production, which is one of the most strategic products of the country, and the prospects for its development (on the example of the Gazakh-Tovuz economic region). The focus falls on land resources, features of the local climate, water reserves and ways of their rational use in the territorial organization of

effective grain production in the economic region. Information is provided on new varieties of grain crops created here, on the development of agriculture in different periods, and areas of their widespread distribution.

**Keywords:** Azerbaijan, grain growing, wheat, barley, corn, yield

**For citation:** Mamedova D.A. 2025. Current Situation and Features of Grain Farming Development in the Gazakh-Tovuz Economic Region. *Regional Geosystems*, 49(2): 241–254 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-241-254 EDN: BYGJMB

## Введение

В настоящее время, для обеспечения населения продовольствием за счет внутреннего производства на государственном уровне реализуются комплексные меры. Среди работ, проводимых в этом направлении, большое значение придают развитию зерноводства.

Зерновые культуры являются основной кормовой базой для животноводства и сырьем для легкой и пищевой промышленности. Многоцелевое зерно используется для производства хлебобулочных, кондитерских, макаронных изделий, крупяных и других продуктов, а также в медицинских, косметических, технических и других целях. В этом контексте изучение экономико-географических проблем территориальной организации зерноводства в Газах-Товузском экономическом районе имеет большую научную и практическую значимость.

Основной целью изучения развития зерноводства в Газах-Товузском экономическом районе является правильная оценка природно-ресурсного потенциала района и исследование территориальной организации перерабатывающих предприятий, таких как хлебопекарные, крупяные, мукомольные и мучные комбинаты района.

Для достижения этой цели важно, в первую очередь:

- изучить теоретические и методологические основы развития зерноводства;
- выполнить экономическую оценку природных условий и потенциальных возможностей, влияющих на территориальную организацию зерноводства;
- выполнить анализ и исследование современных тенденций развития зерноводства;
- учитывая, что район исследований в основном представляет собой горный регион, для достижения высокой продуктивности производства зерна осуществить переход на интенсивные методы ведения сельского хозяйства в соответствии с условиями рельефа;
- добиться обоснования перспективных возможностей развития территориальной организации зерноводства.

## Объекты и методы исследования

Газах-Товузский экономико-географический район расположен на западе Азербайджана и имеет выгодное экономико-географическое положение. В его состав входят Газахский, Агстадинский, Товузский, Шамкирский и Гедабейский административные районы. Площадь района составляет 7,03 тыс. км<sup>2</sup>, или 8,1 % территории страны, население 677,8 тыс. человек или 6,7 % населения страны. Средняя плотность населения составляет 96 человек на км<sup>2</sup>.

Доля Газах-Товузского экономического района в общем производстве сельскохозяйственной продукции республики составляет 1426,8 млн манат или 10,2 %, в том числе в производстве продукции растениеводства занимает первое место и составляет 1018,6 млн манат или 18,4 % [Регионы Азербайджана ..., 2024].

В работе были использованы научные исследования, проведенные азербайджанскими и зарубежными учеными по сельскому хозяйству, пакет соответствующих решений и мер, принятых на государственном уровне, по возрождению сельского хозяйства в рес-

публике за последние годы, данные Государственного комитета по статистике Азербайджанской Республики, личные наблюдения и исследования автора.

При проведении исследования использовались статистический, сравнительный анализ, системно-структурный, картографический и др. методы, позволяющие наиболее эффективно изучить территорию Газах-Товузского экономико-географического района.

### Результаты и их обсуждение

Разнообразие природных условий и богатство природно-ресурсного потенциала экономического региона создают благоприятные возможности для развития сельского хозяйства. В связи с этим изучение рельефа местности имеет большое значение. Рельеф экономического района сложный и в основном состоит из хребтов Гянджа-Газах, Джейранчель, Хунам, Гааязи, Шыних-Дастефур, Шахдага, Чингылдага, Шакербейли, Гарараджа-ча, Чобандага, а также ряда межгорных впадин [Гасанов, 2021]. Уникальное строение рельефа региона обусловило разнообразие его агроклиматических ресурсов, почвенно-растительных, а также водных ресурсов. Это, в свою очередь, благоприятно влияет на земледелие, особенно зерноводство.

Основными вопросами, стоящими перед нами, являются научно-теоретическое обоснование и реализация существующих проблем. Основной проблемой зерновых хозяйств региона является высокий уклон местности вследствие горного рельефа, что ускоряет происходящие здесь эрозионные процессы [Brancourt – Hulmel et al., 2005]. С другой стороны, развитие здесь зернового хозяйства в засушливых условиях, строительство оросительных систем, недостатки в подаче воды в горные районы снижают урожайность зерновых. По сравнению с другими регионами республики, частые паводковые явления в Газах-Товузском экономическом районе (6–8 раз в год) наносят серьезный ущерб посевам зерновых культур. Отсутствие предприятий по переработке зерна в каждом регионе, отсутствие возможностей трудоустройства в этой сфере в приграничных районах, а также усиливающаяся миграция населения (из-за границы с Республикой Армения) являются одной из основных проблем, препятствующих развитию зернового хозяйства.

Климатические условия являются одним из основных факторов, влияющих на территориальную организацию зерноводства в регионе. Газах-Товузский экономический район, благодаря благоприятным физико-географическим условиям, обладает разнообразным климатом. В Гянджа-Газахской наклонной равнине и в Джейранчельской степи преобладает полупустынный и сухой степной климат с жарким и сухим летом и мягкой зимой, что создает благоприятные условия для сельскохозяйственной деятельности. В предгорьях и низкогорьях преобладает мягкий теплый климат с сухой зимой. Выпадение осадков, преимущественно в период вегетации растений, создает условия для выращивания сорго. Кроме того, разнообразный климат благоприятен для выращивания зерновых (оимой пшеницы и кукурузы) два раза в год. В среднегорье преобладает холодный климат с сухой зимой, а в высокогорье – горно-тундровый, в результате чего здесь невозможно заниматься сельскохозяйственной деятельностью [Абасов, 2013].

Одним из важнейших факторов, влияющих на территориальную организацию зерноводства Газах-Товузского экономического района, являются почвенные ресурсы. Почвы экономического района являются в основном плодородными и, в зависимости от рельефа и климатических условий, меняются. На территории Гянджа-Газахской наклонной равнины распространены светло-каштановые, каштановые, серые и серо-бурые почвы. На предгорной территории распространены высокоплодородные каштановые и темно-каштановые почвы, в среднегорных и горных склонах встречаются черноземные почвы, в условиях холодного климата на субальпийских и альпийских лугах – горно-луговые почвы [География Азербайджанской Республики ..., 2014].

В целях специализации различных отраслей растениеводства, в том числе и зерноводства, расширения посевных площадей и роста урожайности, в исследуемом районе необходимо рационально и правильно использовать земельные ресурсы. Таким образом, общий земельный фонд экономического района по всем категориям хозяйств составляет 201,2 тыс. га, или 8,5 % от общего земельного фонда республики. Из общего земельного фонда 189 тыс. га или 8,3 % являются пригодными для сельского хозяйства, из них под посевом находится 111,6 тыс. га или 59 %, из которых: 8146 га или 4,2 % приходятся на долю многолетних насаждений, 3204 га или 1,7 % залежи, 18,5 тыс. га или 9,7 % – сенокосы, 45,4 тыс. га или 24 % – пастбища и 2561 га или 1,4 % – неиспользуемые земли [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024].

В связи с проводимой в республике земельной реформой произошли серьезные изменения в земельном фонде. Таким образом, в результате приватизационной политики в Газах-Товузском экономическом районе на долю государственной собственности приходится 21,7 тыс. га или 10,2 % от общего земельного фонда, 597 га или 3,3 % – муниципалитетов и 33 га или 0,2 % находятся в частной собственности [География Азербайджанской Республики..., 2015]. Правильное и эффективное использование этих земель – одна из главных задач, стоящих перед нами. Для достижения этой цели прежде всего было значительно улучшено состояние почвы, проведены своевременные мелиоративные и агротехнические мероприятия, созданы системы орошения, соответствующие современным стандартам.

Согласно историческим источникам, Газах-Товузский экономико-географический район является древним районом ирригационного земледелия. Еще в I веке до нашей эры для орошения предгорий использовались кахризские ирригационные системы. Со второй половины XIX века началось строительство мелиоративных и ирригационных сетей и сооружений инженерного типа. В те годы был заложен фундамент крупнейшей на Южном Кавказе ирригационной системы для орошения земель Гааязинской равнины [Зейналлы, 2005].

В настоящее время основными источниками воды для орошения Газах-Товузского экономического района являются Агстафачай, Хасансу, Товузчай, Есрикчай, Ахинджа, Заямчай, Джейри, Шамкирчай и другие реки, относящиеся к бассейну реки Куры, общей длиной 6554 км и площадью 523 км<sup>2</sup>. Годовой сток этих рек распределен неравномерно. Для регулирования общего стока рек, протекающих по территории, на них было построено несколько водохранилищ. Примерами являются водохранилища Инджесу, Чогаз, Агстафа, Хатинли, Ахинджа, Шамкир, Еникенд.

В целях удовлетворения потребностей населения и сельского хозяйства в воде построены 2 одноименных оросительных канала, начинающихся от Агстафачайского водохранилища и проходящих через территории Агстафы, Газаха, Товуза и Шамкира, протяженностью 69,1 км, а также 2 одноименных канала, берущие начало от Шамкирчайского водохранилища, протяженностью 45,2 км. Водами этого канала орошаются тысячи гектаров земли, и в настоящее время он играет важную роль в сельском хозяйстве, особенно в зерноводстве.

Одним из важнейших факторов, положительно влияющих на развитие зернового хозяйства в экономическом районе, является хорошая обеспеченность водными ресурсами. Общий водный ресурс северо-восточного склона Малого Кавказа, исследуемого района, составляет 9013 млн м<sup>3</sup>. Из них 662,3 млн м<sup>3</sup> потребляется напрямую, из которых 634,7 млн м<sup>3</sup> используется для орошения в сельском хозяйстве.

Орошаемые земли экономического района составляют 11,2 тыс. га, из них 59 % приходится на долю Товузского района, 31,7 % – Агстафинского, 9,2 % – Шамкирского, 0,1 % – Гедабейского района [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024]. В целом большая часть сельскохозяйственной продукции, производимой в регионе, выращивается на этих орошаемых землях.

Как видно из следующей таблицы, на долю Шамкирского района приходится 55,5 % общего объема воды, потребляемой экономическим районом, 76,6 % воды, используемой на производственные нужды, и 56,9 % воды, используемой для орошения земель (табл. 1). С помощью субартезианских колодцев орошается 14,5 тыс. га земель района. Имеется 861 субартезианская скважина.

Таблица 1  
Table 1

Показатели использования водных ресурсов в Газах-Товузском экономическом районе, млн м<sup>3</sup>  
Water Resources use indicators in the Gazakh-Tovuz economic region, million m<sup>3</sup>

Административные районы	Потребление воды		
	2000 год	2021 год	2021/2000 (% или раз)
Газах-Товузский экономический район	228,6	662,3	3 раза
Агстафа	56,6	102,3	1,8 раза
Гедабей	0,4	0,6	1,5 раза
Казах	49,0	81,5	1,7 раза
Шамкир	77,6	367,6	4,7 раза
Товуз	45,0	110,3	2,5 раза
Использование воды для производственных нужд			
Газах-Товузский экономический район	5,8	6,4	1,1 раза
Агстафа	0,2	0	—
Гедабей	0,2	0,2	—
Казах	0,3	1,3	4,3 раза
Шамкир	5,1	4,9	96 %
Товуз	—	—	—
Водоснабжение для орошения сельского хозяйства			
Газах-Товузский экономический район	220,0	634,6	2,9 раза
Агстафа	56,0	101,7	1,8 раза
Гедабей	—	—	—
Казах	48,0	79,0	1,7 раза
Шамкир	72,0	360,9	5 раз
Товуз	44,0	93,0	2,1 раза

Источник: [Сельское хозяйство Азербайджана.., 2024]

Помимо перечисленных выше факторов, влияющих на развитие зернового хозяйства исследуемой территории, большую роль играют и экономические факторы. При этом геополитическое и транспортно-географическое положение региона, обеспеченность сельского хозяйства современной техникой и технологическим оборудованием, производственные фонды, отвечающие современным требованиям, снабжение качественными сортами семян и удобрениями, обеспеченность складами, близость к логистике и центру продаж, создание благоприятной инвестиционной среды, и доступ к внутреннему и внешнему рынку, являются важными факторами [Зюкин, 2012а].

Все вышеперечисленные факторы в формировании сильного частного сектора (за исключением Гедабейского района) нашли явное применение в агропарках, созданных на основе высоких технологий, которые показывают высокие результаты. Создание агро-

парков, соответствующих новым, современным стандартам, и управление сельским хозяйством инновационными методами, также отражено в принятых программах [Пожидаева, Зюкин, 2013]. В результате реализации государственной программы отчетливо видно динамичное развитие аграрного сектора экономического региона. Современные возможности развития зернового хозяйства отражены в следующей карта-схеме (рис. 1).

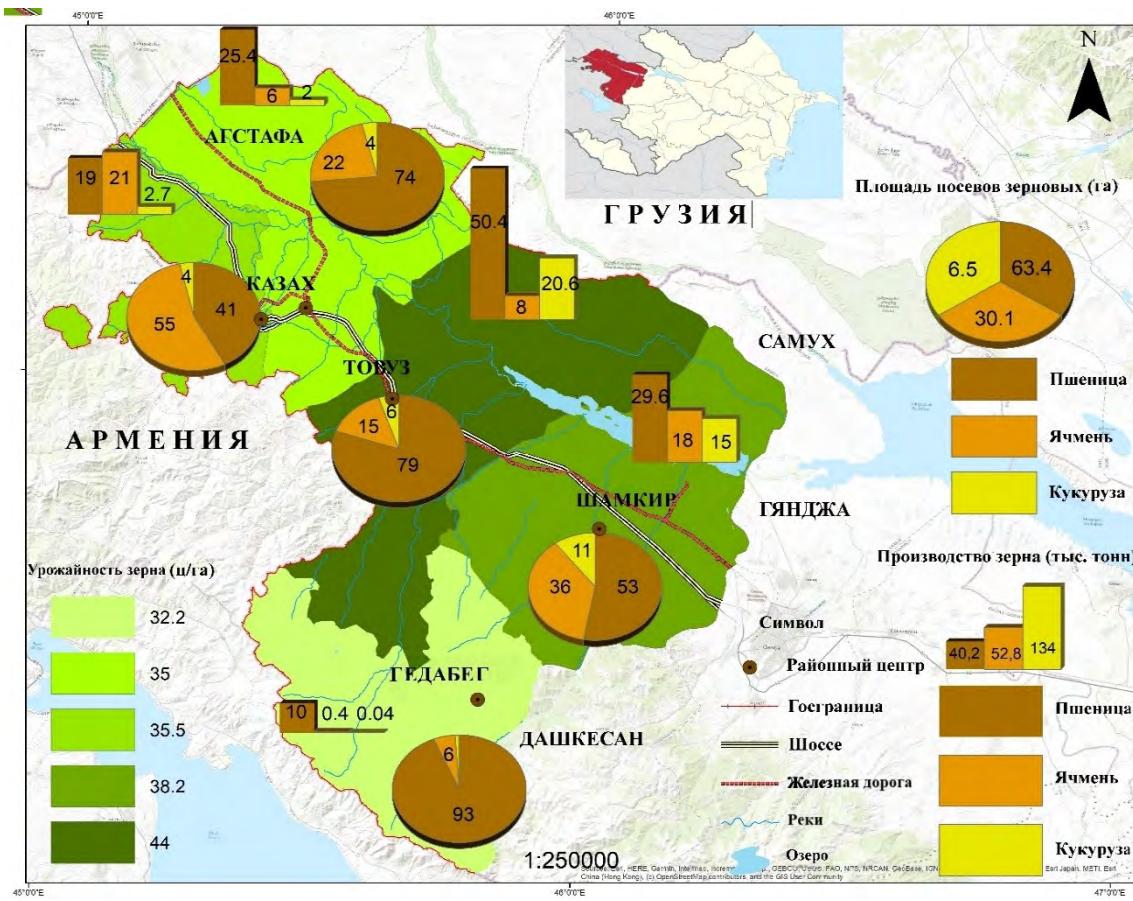


Рис. 1. Общие показатели территориальной организации зерноводства в Газах-Товузском экономическом районе [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024]  
 Fig. 1. General indicators of territorial organization of grain growing in the Gazakh-Tovuz economic region [Agriculture of Azerbaijan ..., 2024]

Из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в Газах-Товузском экономическом районе, зерновые культуры составляют 55,4 тыс. га или 47 %. Поэтому в регионе особое внимание уделяется эффективной организации и интенсивному развитию зернового хозяйства. Так, только в 2022 году объем производства зерна в экономическом районе составил 227,9 тыс. тонн или 7,2 % от республиканского, а посевная площадь – 55,3 тыс. га, или 5,6 %. Производство зерна на душу населения в регионе составляет 0,33 т, посевная площадь – 0,08 га [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024]. Хотя регион обладает большими природными и экономическими возможностями, по полученным нами показателям можно сказать, что в целом этот район не специализируется и не обеспечивает свои потребности в зерне и зернопродуктах.

Анализ проведенных исследований показал, что за последние 23 года в Газах-Товузском экономическом районе наблюдается динамика роста в производстве зерна. Причиной этого является реализация соответствующих работ в экономическом районе в рамках «Государственной программы регионов Азербайджанской Республики на 2019–2023 годы» с целью развития производства и переработки сельскохозяйственной продукции и непосредственно зерноводства в Газах-Товузском экономическом районе (рис. 2).

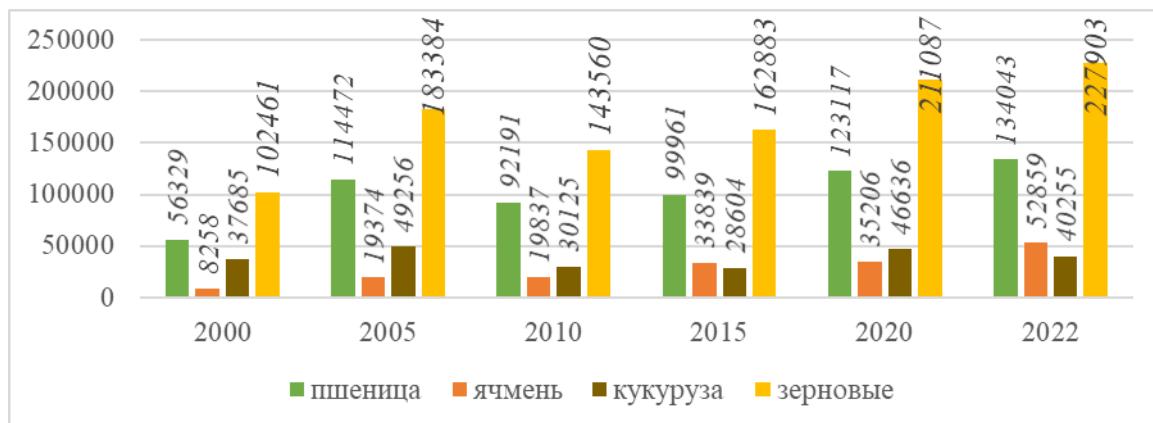


Рис. 2. Динамика развития производства зерна в Газах-Товузском экономическом районе (в тоннах) [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024]

Fig. 2. Dynamics of grain production development in the Gazakh-Tovuz economic region (in tons) [Agriculture of Azerbaijan ..., 2024]

В 2022 году производство зерна в Газах-Товузском экономическом районе выросло в 2,2 раза по сравнению с 2000 годом, и достигло 227,9 тыс. т или 7,2 % зерна, произведенного во всей республике. Соответственно, производство пшеницы увеличилось в 2,4 раза, ячменя – в 6,4 раза, кукурузы – на 6,8 %. Доля пшеницы в общем производстве зерна в экономическом районе составила 59 %, ячменя – 23 %, кукурузы – 18 %.

За сравниваемый период урожайность зерна увеличилась на 46 % и составила 38,2 ц/га по республике, уступающей только Миль-Муганскому экономическому району, урожайность пшеницы увеличилась на 46 %, ячменя – на 42 %, кукурузы – в 2,2 раза. В настоящее время урожайность пшеницы в экономическом районе составляет 38,4 ц/га, ячменя – 32 ц/га, кукурузы – 69,4 ц/га.

В отличие от экономического района, динамика развития зерноводства в входящих в него регионах различна. Например, хотя в Шамкире (16,2 тыс. га), Товузе (14,4 тыс. га), Газахе (12 тыс. га), Агстафе (9,4 тыс. га) преобладают зерновые культуры, в Гедабекском районе этот показатель (3,2 тыс. га) относительно меньше, а причина этого в том, что его природные условия неблагоприятны для выращивания зерновых (град выпадает здесь 7–8 раз в год).

Из зерновых культур наибольшая посевная площадь занята пшеницей (35 тыс. га), ячменем (16,5 тыс. га) и кукурузой (3,6 тыс. га) (табл. 2). Остальные зерновые культуры выращиваются на небольших площадях в ряде административных районов. Всего по экономическому району засеяно 236 га овса и 71 га сорго.

Выше говорилось, что пшеница является одной из важнейших зерновых культур. Пшеница выращивается практически во всех районах экономического региона. Около 68 % посевов пшеницы расположено на равнинах и предгорьях экономического района. Яровую пшеницу сеют в горных районах.

Учитывая разновидность сортов пшеницы и климатические условия (относительно мягкая зима), здесь благоприятны для выращивания озимые сорта пшеницы. Благоприятные погодные условия здесь создают возможность для продолжения вегетации даже зимой на территории высотой до 800 м. Озимую пшеницу выращивают преимущественно в горнолесной и сухостепной зонах, где распространены коричневые горнолесные, серо-коричневые, каштановые, аллювиально-луговые и аллювиально-степные типы почв. Поскольку температурный интервал, в котором развивается озимая пшеница, очень велик, ее возделывают на территории этого экономического района, имеющего различные природно-климатические условия. Так, озимая пшеница под снежным покровом выдерживает –17–18 °C мороза, а также +25–30 °C жары [Шиятый, Пуалаккайнан, 2008]. Раньше здесь выращивали и яровые зерновые культуры. Однако, учитывая, что урожайность яровых зерновых снижается, сокращаются и его посевные площади.

Таблица 2  
 Table 2

Общие показатели зерна и зернопродуктов в Газах-Товузском экономическом районе  
 General indicators of grain and grain products in the Gazakh-Tovuz economic region

Показатели		Азербайджанская Республика	Газах-Товузский экономический район	Агстафа	Гедабей	Казах	Шамкир	Товуз
Общая площадь посевов сельскохозяйственных культур, га		1624	118	18	13,4	18,9	41,5	26,1
Зерно	посевная площадь, тыс. га	998,7	55,3	9,4	3,3	12	16,2	14,4
	производство, тыс. тонн	3161,3	227,9	33,2	10,4	42,6	62,5	79
	урожайность, ц/га	45747	38,3	35	32,2	35,5	38,2	44
Пшеница	посевная площадь, тыс. га	547,1	34,9	6,9	2,9	4,8	8,5	11,5
	производство, тыс. тонн	1736	134	25,3	9,8	18,7	29,6	50,3
	урожайность, ц/га	31,9	38,4	36,5	33	38,5	34,6	43,7
Ячмень	посевная площадь, тыс. га	386,3	16,5	2	0,1	6,4	5,6	2,1
	производство, тыс. тонн	1100	52,8	5,9	0,4	20,8	17,6	8
	урожайность, ц/га	28,8	31,9	28,7	22	32,1	31,1	38
Кукуруза	посевная площадь, тыс. га	30,5	3,6	0,4	0,09	0,4	1,8	0,8
	производство, тыс/тонн	275,2	40,2	1,9	0,04	2,6	15	20,6
	урожайность, ц/га	58,6	69,4	44	46	56	80,3	66,1

Источник [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024]

Хотя видов пшеницы много, в экономическом районе выращивают два ее вида – мягкую и твердую. Поскольку мягкие сорта пшеницы содержат 15 % крахмала и 30–35 % клейкости, их используют в основном в хлебопекарной промышленности, а сорта твердой пшеницы – при производстве макарон и макаронных изделий. Среди сортов мягкой пшеницы, рекомендованных к посеву в этом экономическом районе преобладают «Гобустан», «Муров-2», «Гырмызы Гюль-1», «Аран», «Фатима», «Шафак-2», «Аскаран», «Метин», «Хазри», «Онур», «Джумхурият-100», а из твердых сортов пшеницы выращиваются «Баракатли-95» и «Раван».

Как видно из таблицы выше, в общей посевной площади зерновых пшеница занимает 35 тыс. га или 63 % от общей площади экономического района. В отдельных админи-

стративных районах площадь пшеницы составляет 12 000 га или 33 % в Товузе, 9 000 га или 24,5 % в Шамкире, 7 000 га или 20 % в Агстафе, 5 000 га или 14 % в Газахе и 3 000 га или 8,5 % в Гедабейском районе. В частности, из 228 тыс. т зерна, выращенного в экономическом районе, 134 тыс. га или 59 % приходится на пшеницу. Производство пшеницы по отдельным административным районам составляет 50 тыс. т или 37,5 % в Товузе, 30 тыс. т или 22,1 % в Шамкире, 25 тыс. т или 19 % в Агстафе, 19 тыс. т или 14 % в Газахе и 10 тыс. т или 7,4 % в Гедабейском районе. Урожайность пшеницы в экономическом районе составляет 38,4 ц/га, что выше среднего показателя по республике (32 ц/га). Урожайность по административным районам самая высокая в Товузе – 43,7 ц/га (4-е место по республике), Газахе – 38,5 ц/га, Агстафинском – 36,5 ц/га, Шамкире – 34,6 ц/га и в Гедабейском составляет – 33,0 ц/га.

Ячмень является наиболее распространенной и возделываемой зерновой культурой в Газах-Товузском экономическом районе. Поскольку зерно ячменя богато крахмалом, белком и аминокислотами, оно считается одним из наиболее ценных растений для приготовления кормов для скота [Гуляева, Сидоренко, 2016]. Но ячмень – растение универсальное, его используют в производстве круп, кофе, алкоголя, пива и выпечке. Типичными для этого экономического района сортами ячменя являются «Карабах-22», «Карабах-33», «Джалилабад-19», «Гюнеш» и другие.

При выращивании ячмень требует меньше тепла, чем другие злаки. Поэтому его возделывают на больших высотах горных районов, даже там, где невозможно возделывать рожь. Поля ячменя распространены повсюду, где ведется сельское хозяйство. Ячмень отличается скороспелостью и коротким вегетационным периодом (75–80 дней), благодаря чему созревает до наступления холодов. Уборку зерновых обычно начинают с ячменя [Peterson et al., 2005]. Доля посевной площади ячменя в экономическом районе составляет 17 тыс. га или 30 % общереспубликанской. По отдельным административным районам площадь ячменя составляет в Газахе – 6 тыс. га или 40 %, в Шамкире – 6 тыс. га или 34 %, в Товузе – 2 тыс. га или 13 %, в Агстафе – 2 тыс. га или 12,7 % и в Гедабее 196 га или 1,2 % площади. По данным статистики, в 2022 году производство ячменя в экономическом районе составило 53 тыс. т или 23 % от общего производства зерна, в том числе в Газахе 21 тыс. т или 39 %, в Шамкире 18 тыс. т или 33 %, в Товузе 8 тыс. т или 15 %, в Агстафе 6 тыс. т или 11 % и 431 т в Гедабеке или 0,8 %. Урожайность ячменя в экономическом районе составляет 32 ц/га, что выше, чем в среднем по республике (29 ц/га). Урожайность по административным районам составляет 38 ц/га в Товузском районе, 32 ц/га в Газахском районе, 31 ц/га в Шамкире, 29 ц/га в Агстафинском и 22 ц/га в Гедабейском районе [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024].

Кукуруза, благодаря своей урожайности, занимает особое место среди зерновых культур. Из зерна кукурузы получают муку, масло, крахмал, этиловый спирт, сахар, мед, масло, витамин Е, аскорбиновую и глутаминовую кислоты. Стебли и листья растения используют в производстве бумаги, линолеума, искусственных пробок для стеклянной тары, пластмассы и др [Зюкин, 2012б]. Самое главное, что кукурузное зерно и силос широко используются в птицеводстве и скотоводстве как очень ценный корм. Кукуруза имеет самую высокую кормовую единицу по сравнению с силосом других культур.

Кукуруза может произрастать на разных типах почв. Это растение может давать высокие урожаи как на черноземах, так и на каштановых и серых почвах. Семена кукурузы, относящиеся к группе теплолюбивых растений, прорастают при температуре не ниже 10–12 °С и продолжительность вегетационного периода обычно 110–120 дней. Кукуруза имеет широкий спектр производственного значения и является экономически очень полезным растением [Кошелев, Червонных, 2016].

Посевные площади кукурузы в экономическом районе составляют 4 тыс. га или 6,5 %, в том числе 2 тыс. га, или 51 % в Шамкире, 834 га или 23 % в Товузе, 474 га или 13 % в Газахе, 419 га или 12 % в Агстафе и только 39 га или 1 % в Гедабее.

Производство кукурузы в экономическом районе составляет 40 тыс. т или 18 % от общего производства зерна. Производство кукурузы по административным районам составляет 21 тыс. т или 51 % в Товузе, 15 тыс. т или 37 % в Шамкире, 3 тыс. т или 6,6 % в Газахе, 2 тыс. т или 4,8 % в Агстафе и 46 т или 0,1 %.

По данным статистики, в 2022 году урожайность кукурузы в экономическом районе составляла 69 ц/га, что выше среднего показателя по республике (58,6 ц/га). Урожайность по административным районам составила 80 ц/га в Шамкире, 80 ц/га в Товузе, 56 ц/га в Газахе, 46 ц/га в Гедабеке и 44 ц/га в Агстафе [Сельское хозяйство Азербайджана ..., 2024].

Из этого можно сделать вывод, что по объему производства и урожайности зерна в Газах-Товузском экономическом районе зерноводство наиболее развито в Товузском, Шамкирском и Газахском районах и менее развито в Агстафинском и Гедабейском районах. Также урожайность зерновых культур и доходы фермеров здесь во многом зависят от погодных условий. Наблюдения показывают, что град наносит большой ущерб сельскому хозяйству во все периоды. Наиболее пострадавшими от града регионами являются Гедабейский, Агстафинский, Товузский, Газахский и Шамкирский районы. В Гедабеке град диаметром до 1,8 см ежегодно наносит серьезный ущерб посевам. В этом районе (особенно в Гедабеке) ежегодно случаются 4–6 сильных случаев градобития.

Эрозия – один из естественных процессов, наносящих здесь больший ущерб зерновым культурам. В результате нашего анализа установлено, что до 35,6 % общей площади исследуемого региона подвержено эрозии [Якушкин, Шарипов, 2015]. В основном в бассейнах рек, в результате вырубки и прореживания лесов в предгорьях и горных районах активизировалась деятельность эрозии.

В целом, поскольку стихийные бедствия происходят преимущественно в период начальной стадии вегетации и уборки зерновых культур, размер ущерба здесь велик. Стихийные бедствия, происходящие в экономическом районе, приводят к потере до 4–6 % доходов от сельского хозяйства ежегодно [Пашаев, 2018]. Только в 2022 году 30 % посевов зерновых пришли в негодность в результате стихийного бедствия. Аналогичный процесс время от времени происходит во всех районах региона. С этой точки зрения для защиты зерновых растений целесообразно проводить правильную оценку природных условий выращивания, адаптации и защиты, и целенаправленно осуществлять меры борьбы против стихийных бедствий.

Поскольку зерновое хозяйство имеет стратегический характер как в мире, так и в Азербайджане, использование опыта посева и выращивания зерновых культур растений передовых стран, с целью постоянного удовлетворения потребностей населения в муке и мучных изделиях, создает условия для дальнейшего развития зернового хозяйства.

Крупнейшими производителями зерна в мире являются Китай, Индия, Россия, США, Франция, Канада и др. В Китае, одном из крупнейших производителей пшеницы, более 80 % зерновых ферм являются небольшими семейными фермами. Правительство Китая вкладывает значительные средства в модернизацию зерновой отрасли, и для повышения урожайности использует передовые технологии [Белкина и др., 2022]. В Индии правительство значительно усилило поддержку развития агропромышленных комплексов. Соединенные Штаты входят в число ведущих мировых производителей кукурузы, сои и пшеницы. Здесь география экспорта зерновой продукции хорошо развита и диверсифицирована. В стране действуют крупные коммерческие холдинги, где для повышения урожайности зерна применяются передовые технологии. Зерновое хозяйство в Бразилии основывается на агрохолдингах, высокоинтенсивном агротехническом опыте и современных технологиях [Пожидаева, Зюкин, 2014]. Россия, один из крупнейших мировых производителей зерна, является лидером по производству пшеницы, ячменя и подсолнечника. Здесь на основе крупных холдингов и передовых технологий вкладываются большие инвести-

ции в модернизацию зернового сектора. По опыту Канады и Франции фермеры в основном объединяются в кооперативы по продаже зерна.

Применяя в Газах-Товузском экономическом районе подходы и принципы, используемые зарубежными странами в зерновом хозяйстве, можно добиться положительных результатов. При применении данного метода следует учитывать особенности развития зерновых культур, выращиваемых в экономическом районе, наличие имеющегося потенциала, определить приоритеты повышения эффективности зернового рынка в целом [Алтухов, 2014]. Наряду с этим, применяя новые технологии (*GPS*-мониторинговая система, мобильные устройства, робототехника, умные технологии и др.), основанные на компьютерной и спутниковой системах, в Газах-Товузском экономическом районе можно повысить плодородность земель.

### Заключение

Анализ и исследование современного состояния зерноводства в Газах-Товузском экономическом районе представлены в виде таблиц, графиков и соответствующих карт. Наш анализ показывает, что природно-ресурсный потенциал региона благоприятен для развития зернового хозяйства как экстенсивным, так и интенсивным способами. В настоящее время подготовлен пакет соответствующих предложений по предотвращению факторов, тормозящих развитие зерноводства в регионе.

В результате проведенных исследований и анализа установлена пропорциональность между производством и потреблением зерна в регионе. Также производство зерна на душу населения в экономическом районе составляет 330 кг в год, что в 3 раза меньше мировых стандартов (1т). Хотя производство пшеницы среди зерновых культур соответствует требуемым нормам (190 кг на человека), ее больше используют на корм скоту из-за ее низкой клейкости. Таким образом, и республика, и регион исследований фактически зависят от внешнего рынка. Для устранения этих и других недостатков разработаны соответствующие рекомендации:

– необходимо повысить урожайность, чтобы полностью удовлетворить спрос на зерновую продукцию в экономическом районе за счет внутреннего производства. Таким образом, во всех фермерских хозяйствах целесообразнее применять интенсивные технологии (штриховой посев, нулевая обработка и т. д.). Если посев зерновых культур на орошаемых землях вести с соблюдением правильной технологии возделывания, то урожайность может увеличиться на 20–30 % по сравнению с традиционным способом посева, а уровень рентабельности – на 30–40 %. Применение новой техники и технологии обеспечивает снижение нормы посева семян на 40–50 % на га, а также экономию поливной воды на 25–30 %.

– при посеве следует использовать сорта с более высокой урожайностью и качеством, морозоустойчивостью, устойчивостью к болезням и засухе, что является важным нюансом. Чрезвычайно важно учитывать их устойчивость. Также более важно создать высокоурожайные сорта зерна, которые интенсивно развиваются и способны переносить как дефицит, так и избыток влаги.

– также в целях предотвращения этих и других стихийных бедствий в зерноводстве необходимо обеспечить непрерывную деятельность учрежденного фонда аграрного страхования.

– производство зерна, которое является стратегическим продуктом, всегда должно быть в центре внимания, производители продукции в этой сфере должны быть просвещены, им должна быть предоставлена информация о спросе на зерно и прогноз о ценах на него в будущем, и должен быть сформирован эффективный маркетинговый канал сбыта зерна.

Таким образом, с учетом вышеизложенных предложений и важных подходов и принципов, применяемых зарубежными странами, в зерновых хозяйствах в Газах-

Товузском экономическом районе на рынке зерновой продукции можно добиться весьма положительных результатов. Для развития зернового хозяйства региона необходимы государственная поддержка и инновационные подходы. Необходимо объективно оценить приоритеты развития эффективного производства зерновых в исследуемой территории, углубить специализацию и создать стратегические механизмы в этой отрасли.

### Список источников

- Белкина Р.И., Губанова В.М., Якубышина Л.И. 2022. Технология хранения и переработки продукции растениеводства. Тюмень, Государственный Аграрный Университет Северного Зауралья, 312 с.
- География Азербайджанской Республики, Физическая география. 2014. НАНА, Баку, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева, Т.1., 530 с.
- География Азербайджанской Республики. 2015. Региональная география. НАНА, Баку, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева, Т.2., 328 с.
- Регионы Азербайджана. 2024. Баку, Государственный комитет по статистике Азербайджанской Республики, 849 с.
- Сельское хозяйство Азербайджана. 2024. Баку, Государственный комитет по статистике Азербайджанской Республики, 701 с.

### Список литературы

- Абасов И.А. 2013. Сельское хозяйство Азербайджана и мира. Баку, Восток-Запад, 712 с.
- Алтухов А.И. 2014. Основные тенденции в развитии зернового хозяйства и рынка зерна в России. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 6: 2–7.
- Гасанов М.С. 2021. Изучение влияния современных изменений климата на некоторые направления сельского хозяйства в Азербайджане. Баку, АГАУ, 416 с.
- Гуляева Т.И., Сидоренко О.В. 2016. Развитие зернопродуктового подкомплекса в условиях реализации стратегии по импортозамещению сельскохозяйственной продукции и продовольствия. Аграрная Россия, 1: 30–36.
- Зейналлы А.Т. 2005. Современные проблемы сельскохозяйственной географии Азербайджана. Баку, Наука, 392 с.
- Зюкин Д.А. 2012а. Оценка потребностей зернового хозяйства в государственной поддержке. Экономический анализ: теория и практика, 34(289): 61–67.
- Зюкин Д.А. 2012б. Повышение эффективности использования и распределения средств государственной поддержки, направленных на развитие зернового хозяйства. Курск, Деловая полиграфия, 120 с.
- Кошелев Б.С., Червонных М.И. 2016. Перспективы развития конкурентных преимуществ зернового производства. Вестник Омского государственного аграрного университета, 2(2): 63–66.
- Пашаев Н.А. 2018. Экономико-географическая оценка воздействия стихийных бедствий на экономику Азербайджанской Республики. Баку, Европа, 372 с.
- Пожидаева Н.А., Зюкин Д.А. 2013. Методика оценки инновационной активности сельскохозяйственных организаций. Экономический анализ: теория и практика, 21(324): 32–37.
- Пожидаева Н.А., Зюкин Д.А. 2014. Обоснование приоритетных путей инновационного развития сельскохозяйственного производства. Курск, Деловая полиграфия, 188 с.
- Шиятый Е.И., Пуалаккайнан Л.А. 2008. Качество зерна яровых культур и адаптация агротехнологий к почвенно-климатическим условиям. Сельскохозяйственная биология, 43(1): 3–15.
- Якушкин Н.В., Шарипов С.А. 2015. Повышение эффективности регионального зернового подкомплекса. АПК: экономика, управление, 11: 57–63.
- Brancourt-Hulme M., Heumez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J. 2005. Indirect Versus Direct Selection of Winter Wheat for Low-Input or High-Input Levels. Crop Science, 45(4): 1427–1431. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.0343>

Peterson D.M., Wesenberg D.M., Burrup D.E., Erickson Ch.A. 2005. Relationships Among Agronomic Traits and Grain Composition in Oat Genotypes Grown in Different Environments. *Crop Science*, 45(4): 1249–1255. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0063>

## References

- Abasov I.A. 2013. Selskoye khozyaystvo Azerbaydzhana i mira [Agriculture of Azerbaijan and the World]. Baku, Pabl. Vostok-Zapad, 712 p.
- Altukhov A.I. 2014. Osnovnyye tendentsii v razvitiyu zernovogo khozyaystva i rynka zerna v Rossii [The Main Trends in the Development of Grain Farming and the Grain Market in Russia]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 6: 2–7.
- Gasanov M.S. 2021. Izuchenie vliyaniya sovremennoykh izmeneniy klimata na nekotorye napravleniya sel'skogo khozyaystva v Azerbaydzhane [Studying the Impact of Modern Climate Change on Some Directions of Agriculture in Azerbaijan]. Baku, Pabl. Azerbaijan State Agricultural University, 416 p.
- Gulyaeva T.I., Sidorenko O.V. 2016. Development of Grain Products Subcomplex in the Context of Implementation of the Strategy of Import Substitution of Agricultural Products and Food. *Agrarian Russia*, 1: 30–36 (in Russian).
- Zeynalli A.T. 2005. Sovremennyye problemy selskokhozyaystvennoy geografii Azerbaydzhana [Modern Problems of Agricultural Geography of Azerbaijan]. Baku, Pabl. Nauka, 392 p.
- Zyukin D.A. 2012a. Otsenka potrebnostey zernovogo khozyaystva v gosudarstvennoy podderzhke [Assessment of the Needs of Grain Farming for State Support]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika*, 34(289): 61–67.
- Zyukin D.A. 2012b. Povysheniye effektivnosti ispolzovaniya i raspredeleniya sredstv gosudarstvennoy podderzhki [Improving the efficiency of use and distribution of state support funds aimed at the development of grain farming]. Kursk, Pabl. Delovaya poligrafiya, 120 p.
- Koshelev B.S., Chervonnyh M.I. 2016. Prospects of Development of Competitive Advantages of Grain Manufacture. *Vestnik of Omsk SAU*, 2(2): 63–66 (in Russian).
- Pashayev N.A. 2018. Ekonomiko-geograficheskaya otsenka vozdeystviya stikhiiykh bedstviy na ekonomiku Azerbaydzhanskoy Respubliki [Economic and Geographical Assessment of the Impact of Natural Disasters on the Economy of the Republic of Azerbaijan]. Baku, Pabl. Evropa, 372 p.
- Pozhidaeva N.A., Zyukin D.A. 2013. Metodika otsenki innovatsionnoy aktivnosti selskokhozyaystvennykh organizatsiy [Methodology for Assessing the Innovative Activity of Agricultural Organizations]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika*, 21(324): 32–37.
- Pozhidaeva N.A., Zyukin D.A. 2014. Obosnovaniye prioritetnykh putey innovatsionnogo razvitiya selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Justification of Priority Paths for Innovative Development of Agricultural Production]. Kursk, Pabl. Delovaya poligrafiya, 188 p.
- Shiyaty E.I., Pualakkainan L.A. 2008. Grain Quality in Summer Crops and Adaptation of Agrotechnologies to Soil-Climatic Conditions. *Agricultural Biology*, 43(1): 3–15 (in Russian).
- Yakushkin N.V., Sharipov S.A. 2015. Povysheniye effektivnosti regionalnogo zernovogo podkompleksa [Ensuring Increased Efficiency of the Regional Grain Sub-Complex]. APK: ekonomika. Upravleniye, 11: 57–63.
- Brancourt-Hulmel M., Heumez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J. 2005. Indirect Versus Direct Selection of Winter Wheat for Low-Input or High-Input Levels. *Crop Science*, 45(4): 1427–1431. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.0343>
- Peterson D.M., Wesenberg D.M., Burrup D.E., Erickson Ch.A. 2005. Relationships Among Agronomic Traits and Grain Composition in Oat Genotypes Grown in Different Environments. *Crop Science*, 45(4): 1249–1255. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0063>

Поступила в редакцию 31.01.2025;  
поступила после рецензирования 11.03.2025;  
принята к публикации 17.04.2025

Received January 31, 2025;  
Revised March 11, 2025;  
Accepted April 17, 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

**Мамедова Дилбар Ага**, докторант, младший научный сотрудник кафедры политической и экономической географии Азербайджана, Институт Географии им. Акад. Г.А. Алиева Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджанская Республика

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Dilbar A. Mamedova**, PhD student, Junior Researcher, Department of Political and Economic Geography of Azerbaijan, Institute of Geography named after Acad. G.A. Aliyev, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

УДК 551.435.34, 551.435.1  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269  
EDN DFMDCA

## Влияние экстремальных гидрометеорологических явлений на развитие флишевого абразионного берега

**Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М.**

Институт Океанологии им. П.П. Ширшова РАН  
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36  
krylenko@mail.ru

**Аннотация.** Выполнена оценка воздействия гидрометеорологических явлений экстремальной силы (на примере ливня 06–07 июля 2012 г. и шторма 27–29 июля 2023 г.) на развитие абразионного флишевого берега Черного моря в районе г. Геленджика. Выявлены источники поступления твердого материала в береговую зону, активизировавшиеся в результате экстремальных явлений, прослежен механизм миграции и трансформации наносов. Установлена пространственная неоднородность перераспределения наносов вдоль берега. Определены объемы твердого материала, поступившего в береговую зону и скорость его последующей переработки. Даны оценка влияния инициированных экстремальными природными явлениями литодинамических процессов на развитие растительных сообществ флишевого абразионного берега. Установлено, что степень повреждения растительности в разных участках неоднородна, что может свидетельствовать о различной устойчивости сообществ к изменению условий среды. Показано, что интенсивность проявления денудационных процессов в прибрежной зоне связана с экстремальными гидрометеорологическими явлениями, при прогнозе эволюции береговых геосистем следует учитывать вероятность подобных явлений.

**Ключевые слова:** морской берег, экзогенные процессы, гидрометеорологические явления, динамика берегов, Черное море

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания FMWE-2024-0027 «Морские природные системы Черного и Азовского морей: эволюция и современная динамика гидрофизических, гидрохимических, биологических, береговых и литодинамических процессов».

**Для цитирования:** Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М. 2025. Влияние экстремальных гидрометеорологических явлений на развитие флишевого абразионного берега. Региональные геосистемы, 49(2): 255–269. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269 EDN: DFMDCA

## The Influence of Extreme Hydro-Meteorological Phenomena on the Development of Abrasive Flysch Shore

**Marina V. Krylenko, Viacheslav V. Krylenko, Alexander M. Chistyakov**

Shirshov Institute of Oceanology RAS  
36 Nakhimovskiy Ave., Moscow 117997, Russia  
krylenko@mail.ru

**Abstract.** The study assessed the impact of extreme hydro-meteorological events (the heavy rain on July 06–07, 2012 and the storm on July 27–29, 2023) on the development of the abrasive flysch coast of the Black Sea in the Gelendzhik area. The authors identified sources of solid material entering the coastal zone which have become more active as a result of extreme events. The mechanism of sediment migration and transformation was also traced. Spatial heterogeneity in the redistribution of sediments along the shoreline was revealed. The volumes of solid material entering the coastal zone and the rate of

© Крыленко М.В., Крыленко В.В., Чистяков А.М., 2025

its subsequent processing were determined. The authors provide an assessment of the influence of lithodynamic processes initiated by extreme natural phenomena on the development of plant communities of abrasive flysch coast. It has been established that the degree of vegetation damage varies across different areas, which may indicate differing levels of ecosystem resilience to changing environmental conditions. The study shows that the intensity of denudation processes in the coastal zone is associated with extreme hydro-meteorological phenomena, and the probability of such phenomena should be taken into account when predicting the evolution of coastal geosystems.

**Keywords:** seashore, exogenous processes, hydro-meteorological phenomena, shore dynamics, the Black Sea

**Acknowledgements:** The study was carried out at the expense of the state task FMWE-2024-0027 "Marine natural systems of the Black and Azov seas: evolution and modern dynamics of hydrophysical, hydrochemical, biological, coastal and lithodynamic processes"

**For citation:** Krylenko M.V., Krylenko V.V., Chistyakov A.M. 2025. The Influence of Extreme Hydro-Meteorological Phenomena on the Development of Abrasive Flysch Shore. Regional Geosystems, 49(2): 255–269 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-255-269 EDN: DFMDCA

## Введение

В последние десятилетия результаты все большего количества исследований указывают на возможность увеличения частоты возникновения тех или иных опасных гидрометеорологических явлений экстремальной силы (ливневые осадки, сильные штормы, высокие температуры воздуха) в результате глобальных или региональных изменений климата [Золина, Булыгина, 2016; Суркова, Крылов, 2018]. В Азово-Черноморском регионе уже наблюдается рост частоты неблагоприятных природных явлений [Ахсалба и др., 2019, Divinsky et al., 2020a; Цыпленков и др., 2021], при том, что наиболее высокая доля наблюдений опасных природных явлений среди всех регионов приходится именно на юг России [Divinsky et al., 2020b; Богданович и др., 2021; Липка и др., 2021]. Кроме того, реки Северо-Западного Кавказа на южном макросклоне выделяются по частоте и масштабу паводковых случаев [Шевердяев, Мисиров, 2022]. Одновременно, черноморское побережье Краснодарского края обладает высокой рекреационной привлекательностью, в последние годы резко возросли туристические потоки. Использование берегов, в том числе абразионных, становится более активным в рекреационных целях [Пешков, 2015; Карпова и др., 2024].

Опасные природные процессы и экстремальные явления в течение прошлых столетий кардинально изменяли облик береговой зоны моря [Пешков, 2012; Евсюков, Руднев, 2016; Крицкая и др., 2017, Попков и др., 2017; Сучилин и др., 2021] и могут существенно повлиять на изменение облика этих территорий в будущем, и увеличение их частоты неизбежно скажется на развитии прибрежных геосистем. Оценка последствий реальных экстремальных природных явлений представляет собой актуальную задачу при планировании мероприятий по хозяйственному использованию и охране морских берегов, в частности – абразионных флишевых берегов Кавказского побережья Черного моря.

В работе представлен анализ воздействия экстремального ливня<sup>1</sup> [Isupova et al., 2014], прошедшего 6–7 июля 2012 г. на территории Краснодарского края, и экстремального шторма 27–29 ноября 2023 г.<sup>2</sup> [Дивинский и др., 2024] на литодинамические процессы участка абразионного флишевого берега Черного моря (город-курорт Геленджик, массив Туапхат) (рис. 1). На основе собранного материала выявлены особенности процесса образования в результате

<sup>1</sup> Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6–7 июля 2012 г. и его причины. Электронный ресурс. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/press/news/1067/> (Дата обращения: 11.10.2015)

<sup>2</sup> Метеоновости, Информационное агентство. Электронный ресурс. URL: <https://www.hmn.ru/index.php?index=28&value=37004&cntr64=58XMxc7E1snL> (дата обращения: 11.01.2023)

экстремальных гидрометеорологических явлений пляжеобразующего обломочного материала, последующей его миграции, накопления и переработки. Одним из важных аспектов исследований был анализ источников поступления наносов, механизмов их миграции и трансформации, а также поиск следов прошлых экстремальных гидрометеорологических явлений.



Рис. 1. Местоположение участка исследований (модифицирован из *Google Earth Pro*)  
Fig. 1. Location of the research site (modified from Google Earth Pro)

## Объекты и методы исследования

### Характеристика береговой зоны массива Туапхат

Участок исследований расположен в северо-западной части черноморского побережья Кавказа (город-курорт Геленджик Краснодарского края). Берег Черного моря в пределах массива Туапхат (рис. 1) представлен абрационным уступом высотой до 100 м, расчлененным глубокими долинами временных водотоков («щелями» – местное название).

Горные породы, слагающие береговой обрыв, представлены флишевой толщей мелового возраста, подвергавшейся интенсивному складкообразованию. Этим объясняется их залегание под разными углами и быстрая смена направлений складок от субгоризонтального до вертикального. Угол залегания пластов меняется в широких пределах, преобладают углы более  $45^{\circ}$ . Слои флиша могут выходить на поверхность ребром, формируя характерную ребристую структуру клифа, или фронтальной частью, образуя обширную гладкую поверхность, чаще всего покрытую сетью трещин. Подводная часть береговой зоны характеризуется преобладанием грядовых обнажений коренных пород, в ряде мест перекрываемых маломощными валунно-галечными накоплениями [Есин и др., 1980; Андреева, 2018].

Характерной особенностью рассматриваемого участка является преобладание в составе флишевой толщи слоев мергелей, известняков, аргиллитов. Общим свойством перечисленных пород является их малая устойчивость к выветриванию. Непосредственно на клифе широко развиты обвально-осыпные и обвально-оползневые процессы.

При разрушении пород флиша у подножия клифа скапливается коллювий. Разрушение клифа является основным источником обломочного материала для пополнения наносов волнового поля. Поступление обломочного материала в береговую зону моря в виде твердого стока временными водотоков происходит крайне редко после интенсивных ливней. В устьях щелей, приуроченных к неглубоким вогнутостям берега, сформировались узкие (5–10 м) пляжи, сложенные материалом различной размерности: от песчаного до валунно-галечного.

Полевые маршрутные исследования проводили на участке абразионного берега Черного моря протяженностью 10 км, между Рыбацкой (Голубой) и Новороссийской (Цемесской) бухтами (см. рис. 1). На данном участке с 2012 года научными сотрудниками ЮО ИО РАН им. П.П. Ширшова проводится мониторинг развития береговых процессов в условиях увеличения экстремальности климата [Крыленко и др., 2021]. Одной из задач мониторинга является оценка масштабов и продолжительности влияния залповового поступления твердого материала на береговые процессы из-за экстремальных гидрометеорологических явлений, а также оценка развития имеющихся обвально-оползневых конусов на морском берегу, их трансформации в ходе выветривания и под действием волн, вдольбереговой миграции поступившего обломочного материала, масштабов влияния этого процесса на смежные участки берега. Мониторинг включает регулярные маршрутные обследования. В пределах участка с помощью *GPS*-навигатора определены 65 опорных точек (далее – точки), расположенных в вершинах бухт и на мысах (рис. 2). Кроме того, заложены дополнительные точки на участках с особыми геоморфологическими условиями. В каждой из точек производится морфометрическое описание берегового склона, пляжа и слагающего его материала. Фиксируются основные характеристики берегового обрыва – высота, ориентация, углы залегания флишевых пластов. При каждом обследовании определяется наличие новых оползневых, обвально-сыпных явлений, при необходимости выполняются подробное описание и замеры наиболее крупных оползневых тел. Также внимание уделено изучению процессов освоения растительностью обвально-оползневых конусов (рис. 3) [Крыленко, Лукиных, 2021].



Рис. 2. Массив Туапхат. Цифрами отмечены номера опорных точек  
 Fig. 2. Tuaphat array. The numbers of the reference points are marked with figures

Для проведения визуального сравнения трансформаций в береговой зоне были использованы спутниковые снимки высокого разрешения (*Google Earth Pro*, *Copernicus*) различных периодов съемки.



Рис. 3. Тело оползня с растительностью (опорная точка 49, 2024 год)

Fig. 3. A landslide body with vegetation (reference point 49, 2024)

Проведение маршрутных работ сопровождалось фотографической съемкой с фиксацией географических координат. Использовали компактные системы позиционирования, точность плановой привязки составляла  $\pm 4$  м. Выполнены несколько циклов геодезических съемок ключевых участков. Для измерений применялось оборудование спутниковой системы позиционирования фирмы *Leica Geosystems*, использующей сигналы навигационных спутников *GPS* и ГЛОНАСС. Результаты съемок сопоставляли с данными предшествующих обследований, материалами дистанционного зондирования и анализировались. С появлением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) съемка ключевых участков велась методами цифровой фотограмметрии [Крыленко и др., 2021; Архипова, Глазко, 2022; Мисиров и др., 2022]. Активное использование БПЛА и ГИС-технологий может существенно повысить достоверность оценки и прогноза изменений состояния берегов водных объектов, что должно способствовать своевременной разработке и реализации водоохранных мероприятий [Скрипка и др., 2022].

## Результаты и их обсуждение

### *Воздействие экстремального ливня 6–7 июля 2012 г. на береговые процессы*

6–7 июля 2012 г. на территории нескольких районов Краснодарского края прошли ливневые дожди экстремальной силы. По данным Росгидромета максимальная суточная сумма осадков по метеостанции Новороссийск прежде составляла 180 мм, по Геленджику – 105 мм; обеспеченность (вероятность превышения) этих показателей оценивалась как один раз в 100 лет. Однако за сутки с 07 часов 6 июля по 07 часов 7 июля в Новороссийске выпало 275 мм осадков, и 311 мм – в Геленджике. Суммарный объем селеподобных потоков вблизи массива Туапхат мог составить 1–1,5 млн м<sup>3</sup> [Евсюков и др., 2015].

Объем аккумулятивных тел, сформированных обломочным материалом, вынесенным паводком из временных водотоков, определялся размерами их водосборной площади. Из каждой долины длиной более 2 км поступило 1–2 тыс. м<sup>3</sup> твердого материала [Krylenko

et al., 2014; Isupova et al., 2015]. Поступивший материал остался вблизи устьев водотоков (расположенных в небольших бухтах), в результате чего средняя ширина пляжей на данных участках увеличилась на 5–10 м.

В результате ливня на морском берегу произошли многочисленные обвалы и оползни (рис. 4, 5). На участке от мыса Дооб до бухты Рыбацкой (Голубой) отмечено 25 обвалов, из них 15 – объемом более 100 м<sup>3</sup>. Кроме этого, вдоль всего клифа повсеместно отмечено осыпание щебня и дресвы, но общий объем этого материала незначителен. Количество и объем обвалов на клифе существенно различается вдоль берега, что связано с локальными геологическими особенностями залегания пластов. Как отмечалось в [Krylenko et al., 2014] и подтверждено текущими исследованиями, распределение обвальных конусов вдоль береговой линии крайне неравномерно: между 5 и 6-й щелями отмечено семь обвалов, между 5 и 2-й щелями – четыре небольших обвала, между 2-й щелью и Голубой бухтой образовалось двенадцать крупных обвалов объемом более 100 м<sup>3</sup> каждый. Вблизи мыса Дооб было отмечено несколько оползней, где смещался целый блок флишевого массива, при этом флишевая структура сохранялась. Общим свойством слагающих массив Туапхат пород является их малая устойчивость к выветриванию. Схождение оползней и обвалы на клифе наблюдались на участках, где уже имелись предпосылки для их образования – отдельные пласты флишевой толщи в результате выветривания потеряли устойчивость, экстремальный ливень способствовал их одновременному интенсивному обрушению.

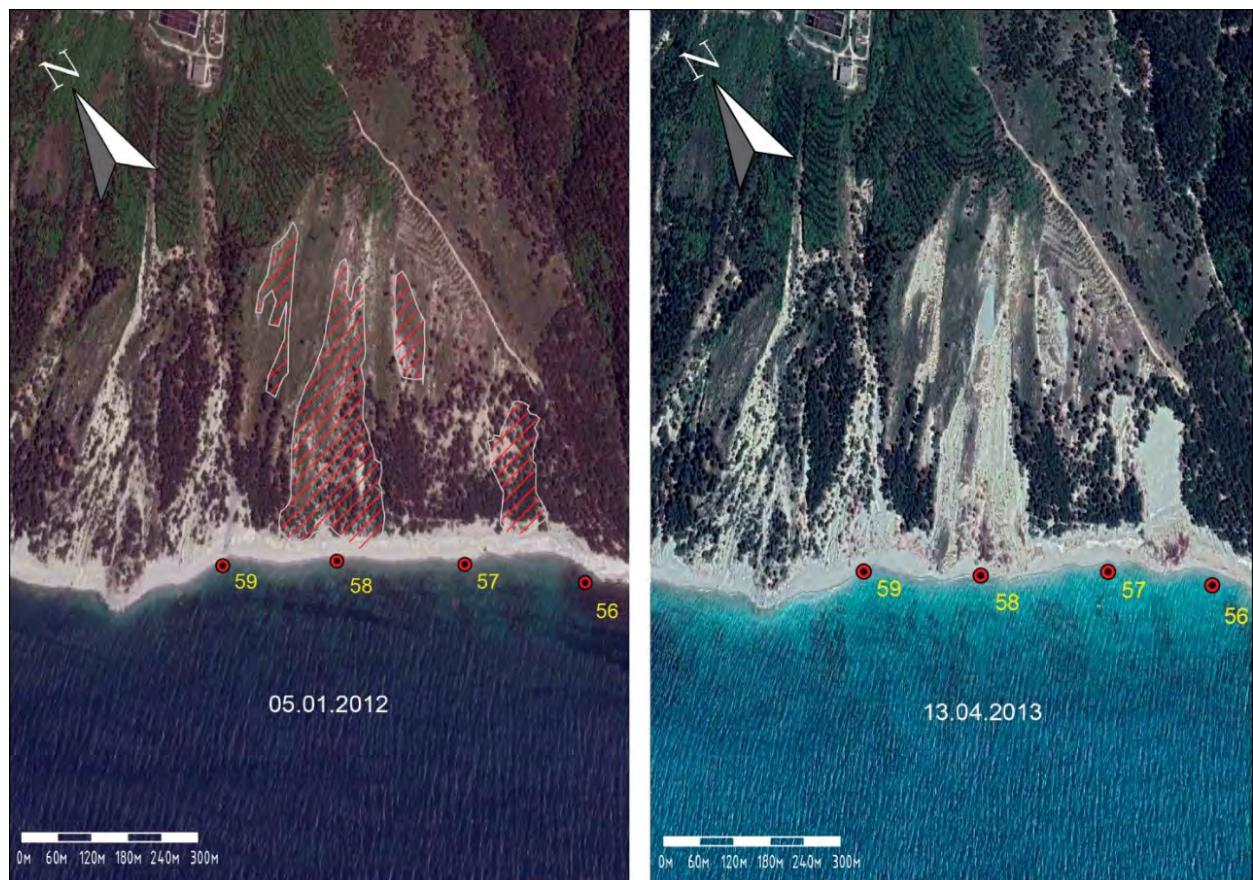


Рис. 4. Снимок 2012 года (Google Earth) участка прибрежного склона в районе 58-ой точки до и после экстремального ливня  
 Fig. 4. A 2012 image (Google Earth) of a section of the coastal slope near point 58 before and after the extreme downpour



Рис. 5. Снимок 2012 года (Google Earth) участка прибрежного склона в районе 10-ой точки до и после экстремального ливня  
Fig. 5. A 2012 image (Google Earth) of a section of the coastal slope in the area of the 10th point before and after extreme downpour

На космических снимках (см. рис. 4) видны последствия схода оползней по флишевым пластам в зону пляжа. На снимке слева штриховкой указана площадь отрыва оползней. Суммарная площадь, подверженная оползням только на данном участке, составила 35 тыс. м<sup>2</sup>. Снимок справа отражает ситуацию после прошедшего экстремального ливня, отчетливо видны оползневые очаги, в пределах которых в зону пляжа перемещены массы обломочного материала, глины, дерна и древесной растительности. На другом снимке (см. рис. 5) также можно детально рассмотреть последствия схода крупных оползневых тел. Правая часть снимка, отражающая ситуацию после схода оползней, выделяется ровными скальными участками, которые проявились после того, как по их поверхности сошли огромные массы различного рода материала. Отчетливо видно большое количество деревьев, оторванных оползнем и вынесенных в зону пляжа вместе с обломками скал. Можно отметить приуроченность крупных оползней к тем участкам склона, где флишевый пласт фронтально ориентирован с уклоном более 20° к береговой линии, формируя своеобразное зеркало скольжения.

#### **Воздействия экстремального шторма 26–27 ноября 2023 на береговые процессы**

26 ноября 2023 г. на акваторию Черного моря сместился средиземноморский циклон, охвативший центральную и северо-восточную часть моря. Особенностью этого циклона стали сильные ветры, скорость которых достигала 25–33 м/с, местами до 40 м/с. Ветер вызвал на море шторм силой от 3 до 6 баллов. Направление волн на рассматриваемом участке побережья изменилось от юго-восточных до западных румбов. Высота волн на пике развития шторма в ночь с 26 на 27 ноября превышала 6 м, длина волн – 110 м, период – 11 секунд. По мере движения циклона, параметры инициированного им штормового волнения существенно изменились. Ранее подобный по силе шторм наблюдался в регионе 11 ноября 2007 г. К вечеру 28 ноября на акваторию Черного моря сместился очередной средиземноморский циклон [Дивинский и др., 2024; Dulov et al., 2024]. Таким образом, в период с 26 по 29 ноября на берег Черного моря в районе Геленджика оказывалось сильнейшее штормовое воздействие. Были разрушены или повреждены берегоукрепительные и другие гидротехнические сооружения.

Натурное обследование береговой зоны массива Туапхат было проведено в декабре 2023 года. Вдоль берега массива Туапхат было обнаружено 11 новых оползневых, осыпных и обвальных конусов, появившихся в результате экстремального волнового воздействия. Большая часть свежих обвально-оползневых тел представлена крупными глыбами со значительной примесью дернового материала и измельченного аргиллита (рис. 6). Повсеместно отмечены многочисленные свежие небольшие осыпи, состоящие из мелкого щебня, вероятно инициированные сильным ветром.



а

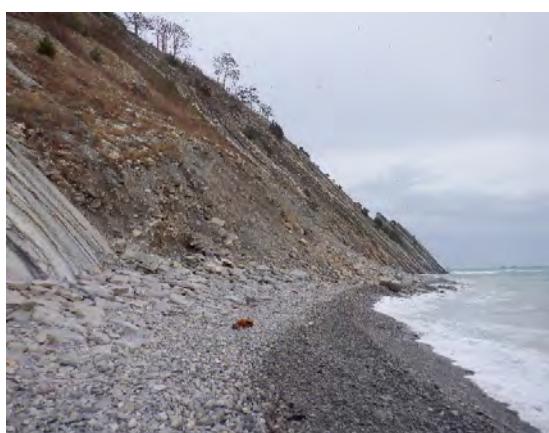


б

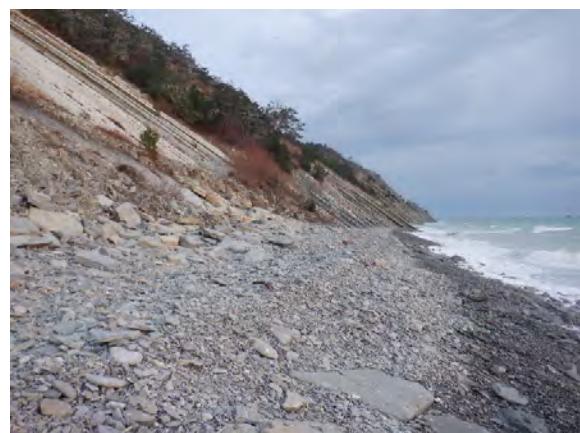
Рис. 6. а) Новый обвально-оползневой конус размером 25x10 м, полностью перекрывающий пляж (опорная точка 14, 2024 г.). б) Оползневой конус 2012 года со следами размыва и смещением вышележащих отложений к подножию (50-ая опорная точка, 2024 год)

Fig. 6. a) A new landslide cone measuring 25x10 m, completely covering the beach (reference point 14, 2024). b) The landslide cone of 2012 with traces of erosion and displacement of overlying sediments to the foot (50th reference point, 2024)

В пределах ранее существовавших (в основном – сформированных ливнем в 2012 году) осыпных и оползневых тел были зафиксированы как новые поступления обломочного материала с вышележащего склона, так и смещение накопленного ранее в оползневых телах материала вниз по склону (рис. 7).



а



б

Рис. 7. а) Обвально-оползневой конус, практически полностью перекрывающий пляж (опорная точка 50, 2014 год). б) Тот же обвально-оползневый конус после шторма в 2023 году

Fig. 7. a) A landslide cone, completely covering the beach (reference point 50, 2014).  
b) The same landslide cone captured after storm in 2023

Обследование растительности нижней части берегового обрыва показало, что физическое воздействие волн привело к уничтожению или повреждению многолетних травянистых и древесных растений до высоты 4 м над уровнем моря.

### **Экстремальные погодные явления и динамика берега**

Экстремальный ливень вызвал единовременное пополнение береговой зоны моря твердыми наносами в объеме, сравнимом с поступающим за десятки лет при обычном режиме. На берегу открытого моря наибольший объем твердого материала поступил в результате интенсификации обвально-оползневых процессов. Наиболее крупные по площади и объемам оползни и обвалы были отмечены в точках 6–7, 10–11, 27–28, и с 47 по 58 точку (рис. 8). Именно в пределах указанных зон произошла наиболее значительная трансформация береговой зоны, полное или частичное перекрытие пляжа коллювием, впоследствии сформировались новые пляжи (см. рис. 1, точка 55).



Рис. 8. Сравнение ширины пляжной зоны массива Туапхат в 2014 и 2023 гг. по опорным точкам

Fig. 8. Comparison of the width of the beach area of the Tuaphat massif in 2014

and 2023 by reference points

В ходе экстремального шторма произошло сокращение протяженности прислоненных пляжей, на многих участках пляж был полностью смыт. Сравнение ширины пляжей массива Туапхат в 2014–2015 и 2023 годах представлено на рис. 8. Полученные результаты показали, что в среднем ширина прислоненных пляжей на исследуемом участке берега в 2023 году сократилась по сравнению с 2014 годом. Произошло частичное распределение материала пляжа в точках 5–13, а в остальных точках ширина пляжа уменьшилась, при этом отчетливо видна приблизительно одинаковая тенденция к уменьшению ширины пляжной зоны по всему участку. В основном ширина пляжа в 2023 году оказалась на 20–30 % меньше, чем в 2014 году (см. рис. 8). При этом, на участках с сохранившимся пляжем наблюдалось значительное увеличение его высоты. До шторма ноября 2023 года максимальная высота прислоненного пляжа составляла от 1,8 м в восточной до 2,1 м в западной части.

Прошедший шторм привел к интенсификации вдольбереговой миграции наносов. Во время шторма визуально наблюдалось перемещение наносов вдоль берега. Как на мысах, так и в бухтах в прибрежной полосе шириной до 100 м отмечено практически тотальное уничтожение водорослей перемещаемыми наносами. Вероятно, в ходе экстремального шторма происходила вдольбереговая миграция наносов между смежными литодинамическими ячейками, в обычном режиме развивающимися независимо.

Характер протекания литодинамических процессов на абразионном берегу, помимо литологических характеристик горных пород, слагающих берег, зависит от соотношения количества и свойств обломочного материала, поступающего из разных источников в прибойную зону. Продолжительность влияния на литодинамические процессы поступившего на морской берег обломочного материала существенно различалась в зависимости его механического и минерального состава.

Паводками на временных водотоках был вынесен преимущественно некрупный (до 10–15 см) слабоокатанный обломочный материал, сильно подверженный истирианию. Щебень и дресва за короткое время распространились в пределах литодинамических ячеек, способствуя некоторому расширению пляжей. Большая часть наносов осталась вблизи устьев водотоков. С учетом небольших размеров и малой прочности этих наносов в очень короткий срок они были полностью измельчены, по мере истириания наносов происходило постепенное сокращение ширины пляжей.

В обвально-оползневых массах изначально преобладал крупно-глыбовый материал, но присутствовал щебнистый и суглинистый материал. В результате к подножию клифа поступило много крупных (до 1,5 м) глыб, практически не перемещаемых волнами даже при сильных штормах. Но, как показало обследование, проведенное спустя всего четыре месяца, на большинстве обвальных конусов крупные глыбы из аргиллита и мергеля в значительной степени потеряли свою прочность, а многие разрушились до состояния щебенки. Постепенно щебнистый и суглинистый материал вымывался, в теле конусов формировались уступы размыва, высота которых достигала 4 м, а их подножия постепенно удалялись от моря. К концу осени 2023 года высотная отметка подошвы образовавшихся в 2012 году обвально-оползневых конусов составляла около 2 м над уровнем моря. В зоне воздействия волн остались только крупные глыбы из устойчивых к выветриванию пород (рис. 9). В целом влияние оползней и обвалов на литодинамические процессы носило более продолжительный характер в сравнении с выносами временных водотоков.



Рис. 9. Обвально-оползневая масса разнородного состава. Отчетливо видна суглинисто-щебневая структура с примесью глыбового материала (опорная точка 47, 2023 год)

Fig. 9. Landslide mass of heterogeneous composition. A loamy-crushed stone structure with an admixture of blocky material is clearly visible (reference point 47, 2023)

## Заключение

Экстремальные гидрометеорологические явления оказывают значительное воздействие на абразионные флишевые берега СВ части Черного моря, единовременно существенно изменяя ход береговых процессов. В целом экстремальный шторм в большей степени способствовал перераспределению имевшегося ранее в береговой зоне и накопленного в обвально-оползневых конусах материала и интенсификации вдольбереговой миграции наносов. Объем нового материала, поступившего в результате обвалов и оползней после штормового воздействия, существенно меньше поступившего в 2012 году в результате ливня, что подтверждается количеством зафиксированных оползневых, обвальных и осыпных очагов. Приморские абразионные склоны в данный момент стабилизировались на новом уровне, на некоторое время поступление твердого материала с клифа в прибрежную зону снизится.

Выявленные закономерности – цикличность баланса наносов, зависимость типа денудации от структурных особенностей пород и связь экстремальных событий с динамикой биоразнообразия – формируют универсальную основу для прогнозирования эволюции флишевых берегов в условиях климатических изменений. Примененный комплексный подход, интегрирующий дистанционный мониторинг и полевые методы, продемонстрировал его эффективность при оценке уязвимости береговых геосистем региона.

Полученные результаты показали, что при анализе предшествующей эволюции берега, прогнозе его дальнейшего развития, оценке баланса твердых наносов следует учитывать вероятность возникновения подобных экстремальных гидрологических явлений.

## Список литературы

- Андреева А.П. 2018. Особенности структуры береговых геосистем черноморского побережья в районе Геленджика и ГПЗ «Утриш». В кн.: Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование. Труды шестой международной научно-практической конференции, Москва, 29 ноября – 01 декабря 2018. М., Буки-Веди: 287–293.
- Архипова О.Е., Глазко К.В. 2022. Исследование многолетних изменений прибрежных территорий Азовского моря на основе данных спутниковой съемки методами классификации изображений ArcGIS Pro. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 523–535. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-523-535>
- Ахсалба А.К., Балкарова С.Б., Евстигнеев В.П., Экба Я.А. 2019. Обобщенная оценка региональных кривых распределения экстремальных осадков методом L-моментов. В кн.: Доклады российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова. Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология», Москва, 03–05 декабря 2019. Москва, Московское НТО радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова: 71–74.
- Богданович А.Ю., Липка О.Н., Крыленко М.В., Андреева А.П., Добролюбова К.О. 2021. Климатические угрозы на Северо-Западе Черноморского побережья Кавказа: современные тренды. Фундаментальная и прикладная климатология, 7(4): 44–70. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2021-4-44-70>
- Дивинский Б.В., Фомин В.В., Лазоренко Д.И. 2024. Максимальные волны на акватории Черного моря по результатам численного моделирования. Экология гидросферы, 2(12): 68–80. [https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2\(12\)-68-80](https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2(12)-68-80)
- Евсюков Ю.Д., Борисов Д.Г., Куклев С.Б., Руднев В.И. 2015. Изменения рельефа горы Дооб и прибрежной отмели после катастрофического наводнения (Северо-Западный Кавказ). Геология, география и глобальная энергия, 3(58): 90–101.
- Евсюков Ю.Д., Руднев В.И. 2016. Рельефообразующие факторы преобразования материковой окраины вблизи Геленджика. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 3: 97–109. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-97-109>

- Есин Н.В., Савин М.Т., Жиляев А.П. 1980. Абрационный процесс на морском берегу. Л., Гидрометеоиздат, 200 с.
- Золина О.Г., Булыгина О.Н. 2016. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России. Фундаментальная и прикладная климатология, 1: 84–103. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-1-84-103>
- Карпова Ю.И., Волкова Т.А., Комаров Д.А. 2024. Перспективы развития неорганизованного туризма в Краснодарском крае. Успехи современного естествознания, 6: 12–20. <https://doi.org/10.17513/use.38277>
- Крицкая О.Ю., Попков В.И., Остапенко А.А. 2017. Палеосейсмические факторы формирования современного рельефа Черноморского побережья Кавказа на участке Анапа – Новороссийск. Геоморфология, 4: 27–34. <https://doi.org/10.7868/S0435428117040034>
- Крыленко М.В., Алейникова А.М., Андреева А.П., Богданович А.Ю., Добролюбова К.О., Крыленко С.В., Липка О.Н. 2021. Мониторинг экосистем морских абрационных берегов Черноморского побережья северо-западного Кавказа. Экологический мониторинг и моделирование экосистем, 32(3–4): 33–57. <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2021-3-4-33-57>
- Крыленко С.В., Лукиных А.И. 2021. Характеристики состава растительности абрационного берега северо-западной части черноморского побережья Кавказа. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 31(1): 16–26. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-1-16-26>
- Липка О.Н., Андреева А.П., Богданович А.Ю., Крыленко М.В., Добролюбова К.О. 2021. Погодно-климатическая обусловленность динамики флишевых береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа. В кн.: Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – III»). Материалы III Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, Ростов-на-Дону, 15–19 июня 2021. Ростов-на-Дону, Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН: 188–191.
- Мисиров С.А., Магаева А.А., Кулыгин В.В. 2022. Геоинформационное обеспечение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов в береговой зоне Азовского моря. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 666–679. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679>
- Пешков В.М. 2012. Некоторые проблемы теории развития морских берегов. Геоморфология, 4: 3–12.
- Пешков В.М. 2015. Современное состояние и перспективы защиты берегов Черного и Азовского морей Краснодарского края. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 1: 12–19.
- Попков В.И., Крицкая О.Ю., Остапенко А.А., Дементьева И.Е., Быхалова О.Н. 2017. О тотальной сейсмотектонической переработке южного склона Северо-Западного Кавказа. Доклады Академии наук, 476(4): 431–434. <https://doi.org/10.7868/S0869565217280155>
- Скрипка Г.И., Косолапов А.Е., Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Калиманов Т.А., Сапрыгин В.В., Филатов А.А. 2022. Анализ динамики абрационных берегов Цимлянского водохранилища с использованием беспилотных летательных аппаратов. Вестник Московского университета. Серия 5. География, 3: 42–49.
- Суркова Г.В., Крылов А.А. 2018. Изменения средних и экстремальных скоростей ветра в Арктике в конце XXI века. Арктика и Антарктика, 3: 26–36. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2018.3.27395>
- Сучилин А.А., Белая Н.И., Воскресенский И.С., Михеева С.Н., Зорина В.В., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Сократов С.А. 2021. Методика изучения морфологии абрационно-аккумулятивных берегов западного побережья Крыма с применением БЛА и ГНСС (на примере участка территории большого Севастополя). ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(1): 351–363. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-351-363>
- Цыпленков А.С., Иванова Н.Н., Ботавин Д.В., Кузнецова Ю.С., Голосов В.Н. 2021. Гидрометеорологические предпосылки и геоморфологические последствия экстремального паводка в бассейне малой реки в зоне влажных субтропиков (на примере р. Цанык, район Сочи). Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, 66(1): 144–166. <https://doi.org/10.21638/spbu072021.109>

- Шевердяев И.В., Мисиров С.А. 2022. Оценка паводковой опасности на реках Северо-Западного Кавказа средствами пространственного анализа с учетом осадков и наблюдений уровня в 2014–2020 гг. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 28(2): 655–665. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-655-665>
- Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.D. 2020a. Extreme Wind Waves in the Black Sea. *Oceanologia*, 62(1): 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.003>
- Divinsky B.V., Kubryakov A.A., Kosyan R.D. 2020b. Interannual Variability of the Wind-Wave Regime Parameters in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 27(4): 337–351. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2020-4-337-351>
- Dulov V.A., Yurovskaya M.V., Fomin V.V., Shokurov M.V., Yurovsky Yu.Yu., Barabanov V.S., Garmashov A.V. 2024. Extreme Black Sea Storm in November, 2023. *Physical Oceanography*, 31(2): 295–316.
- Isupova M.V., Dzaganiya E.V., Krylenko V.V., Krylenko M.V. 2014. Effect of an Extreme Shower (July 6–7, 2012) on the Hydrological-Morphological Processes in the Basins of Small Mountain Rivers: Case Study of the Ashamba. *Water Resources*, 42(1): 108–115. <https://doi.org/10.1134/S0097807815010054>
- Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V., Podymov I.S. 2014. Transport of Solid Material to the Coastal Zone Near Gelendzhik After Extremely Heavy Rains. *Oceanology*, 54: 88–94. <https://doi.org/10.1134/S0001437014010068>

## References

- Andreeva A.P. 2018. Osobennosti struktury beregovykh geosistem chernomorskogo poberezh'ja v rajone Gelendzhika i GPZ "Utrish" [Features of the Structure of Coastal Geosystems of the Black Sea Coast in the Area of Gelendzhik and the Utrish State Nature Reserve]. In: Indikacija sostojanija okruzhajushchej sredy: teoriya, praktika, obrazovanie [Indication of the State of the Environment: Theory, Practice, Education]. Proceedings of the sixth international scientific and practical conference, Moscow, 29 November – 01 December 2018. Moscow, Pabl. Buki-Vedi: 287–293.
- Arkhipova O.E., Glazko K.V. 2022. Research of Long-Term Changes in the Coastal Territories of the Sea of Azov on the Basis of Satellite Data by the Methods of Image Classification of ArcGIS Pro. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 523–535 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-523-535>
- Akhsalba A.K., Balkarova S.B., Evstigneev V.P., Ekba Ya.A. 2019. Estimation of Regional Frequency Distribution of Daily Rainfall Extremes Using L-Moments Method. In: Reports of the Russian Scientific and Technical Society of Radio Engineering, Electronics and Communications named after A.S. Popov. Proceedings of the International Symposium "Engineering Ecology", Moscow, 3–5 December 2019. Moscow, Pabl. Moskovskoe NTO radiotekhniki, elektroniki i svjazi im. A.S. Popova: 71–74 (in Russian).
- Bogdanovich A.Yu., Lipka O.N., Krylenko M.V., Andreeva A.P., Dobrolyubova K.O. 2021. Climate Threats in the North-West Caucasus Black Sea Coast: Modern Trends. *Fundamental and Applied Climatology*, 7(4): 44–70 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2021-4-44-70>
- Divinsky B.V., Fomin V.V., Lazorenko D.I. 2024. Maximum Waves in the Black Sea Based on the Results of Numerical Modeling. *Hydrosphere Ecology*, 2(12): 68–80 (in Russian). [https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2\(12\)-68-80](https://doi.org/10.33624/2587-9367-2024-2(12)-68-80)
- Yevsyukov Yu.D., Borisov D.G., Kuklev S.B., Rudnev V.I. 2015. Relief Changes Doob Mountain and Coastal Shallows after the Disastrous Floods (North-West Caucasus). *Geology, geography and global energy*, 3(58): 90–101 (in Russian).
- Evsyukov Yu.D., Rudnev V.I. 2016. Relief-Forming Factors in the Transformation of the Continental Margin Near Gelendzhik. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 3: 97–109 (in Russian). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-97-109>
- Esin N.V., Savin M.T., Zhilyaev A.P. 1980. Abraziionnyj process na morskem beregu [Abrasion Process on the Seashore]. Leningrad, Pabl. Gidrometeoizdat, 200 p.
- Zolina O.G., Bulygina O.N. 2016. Current Climatic Variability of Extreme Precipitation in Russia. *Fundamental and Applied Climatology*, 1: 84–103 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2016-1-84-103>

- Karpova Yu.I., Volkova T.A., Komarov D.A. 2024. Prospects of Development of Unorganized Tourism in Krasnodar Region. *Advances in current natural sciences*, 6: 12–20 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/use.38277>
- Kritskaya O.Yu., Popkov V.I., Ostapenko A.A. 2017. Palaeoseismic Factors of Shaping the Caucasus Black Sea Coastal Area between Anapa and Novorossiysk. *Geomorfologija*, 4: 27–34 (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0435428117040034>
- Krylenko M.V., Aleinikova A.M., Andreeva A.P., Bogdanovich A.Yu., Dobrolyubova K.O., Krylenko S.V., Lipka O.N. 2021. Monitoring of the Sea Abrasion Coast Ecosystems at the Black Sea Coast of the Northwestern Caucasus. *Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling*, 32(3–4): 33–57 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/0207-2564-2021-3-4-33-57>
- Krylenko S.V., Lukinykh A.I. 2021. Characteristics of the Vegetation Composition of the Abrasion Coast of the Northwestern Part of the Black Sea Coast of the Caucasus. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 31(1): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-1-16-26>
- Lipka O.N., Andreeva A.P., Bogdanovich A.Yu., Dobrolyubova K.O. 2021. Pogodno-klimaticheskaya obuslovленность динамики флишевых береговых обрывов Черноморского побережья Кавказа [Weather and Climate Determinacy of the Dynamics of Flysch Coastal Cliffs of the Black Sea Coast of the Caucasus]. In: *Zakonomernosti formirovaniya i vozdeystvija morskikh atmosfernykh opasnykh javlenij i katastrof na pribrezhnuju zonu RF v uslovijakh global'nykh klimaticheskikh i industrial'nykh vyzovov («Opasnye javlenija – III»)* [Patterns of Formation and Impact of Marine, Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation in the Context of Global Climatic and Industrial Challenges ("Hazardous Phenomena – III")]. Proceedings of the III International Scientific Conference in memory of Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences D.G. Matishov, Rostov-on-Don, 15–19 June 2021. Rostov-na-Donu, Pabl. Federal'nyj issledovatel'skij centr Juzhnyj nauchnyj centr RAN: 188–191.
- Misirov S.A., Magaeva A.A., Kulygin V.V. 2022. Geoinformation Support for Monitoring Dangerous Exogenous Geological Processes in the Coastal Zone of the Sea of Azov. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 666–679 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-666-679>
- Peshkov V.M. 2012. Some Problems of the Sea Coast Development Theory. *Geomorfologija*, 4: 3–12 (in Russian).
- Peshkov V.M. 2015. Modern State and Perspectives of Protection of the Black and Azov Seas Coasts in the Krasnodar Region. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, 1: 12–19 (in Russian).
- Popkov V.I., Kritskaya O.Yu., Ostapenko A.A., Dementjeva I.E., Byhalova O.N. 2017. Total Seismotectonic Reworking of the Southern Slope of the Northwestern Caucasus. *Doklady Earth Sciences*, 476(2): 1130–1133. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17100087>
- Skripka G.I., Kosolapov A.E., Ivlieva O.V., Bespalova L.A., Kalimanov T.A., Saprygin V.V., Filatov A.A. 2022. Analysis of the Dynamics of Abrasion Shores at the Tsimlyansk Reservoir with the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, 3: 42–49 (in Russian).
- Surkova G.V., Krylov A.A. 2018. Izmenenija srednikh i ekstremal'nykh skorostej vетра v Arktike v konce XXI veka [Changes in Mean and Extreme Wind Speeds in the Arctic at the End of the 21st Century]. *Arctic and Antarctica*, 3: 26–36 (in Russian). <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2018.3.27395>
- Suchilin A.A., Belya N.I., Voskresensky I.S., Mikheeva S.N., Zorina V.V., Ushakova L.A., Shaforostov V.M., Sokratov S.A. 2021. Methods for Studying the Morphology of Abrasion-Accumulative Coast of the West Coast of the Crimea Using UAV and GNSS (on the Example of a Land of the Territory of Great Sevastopol). *InterKarto. InterGIS*, 27(1): 351–363. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-351-363>
- Tsyplenkova A.S., Ivanova N.N., Botavin D.V., Kuznetsova Yu.S., Golosov V.N. 2021. Hydro-Meteorological Preconditions and Geomorphological Consequences of Extreme Flood in the Small River Basin in the Wet Subtropical Zone (the Tsanyk River Case Study, Sochi Region). *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 66(1): 144–166 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.109>
- Sheverdyayev I.V., Misirov S.A. 2022. Flood Hazard on the Rivers of the Northwestern Caucasus by Spatial Analysis According to Precipitations and Level Observations in 2014–2020. *InterKarto. InterGIS*, 28(2): 655–665 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-655-665>

- Divinsky B.V., Fomin V.V., Kosyan R.D., Ratner Y.D. 2020a. Extreme Wind Waves in the Black Sea. *Oceanologia*, 62(1): 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.06.003>
- Divinsky B.V., Kubryakov A.A., Kosyan R.D. 2020b. Interannual Variability of the Wind-Wave Regime Parameters in the Black Sea. *Physical Oceanography*, 27(4): 337–351. <https://doi.org/10.22449/1573-160X-2020-4-337-351>
- Dulov V.A., Yurovskaya M.V., Fomin V.V., Shokurov M.V., Yurovsky Yu.Yu., Barabanov V.S., Garmashov A.V. 2024. Extreme Black Sea Storm in November, 2023. *Physical Oceanography*, 31(2): 295–316.
- Isupova M.V., Dzaganiya E.V., Krylenko V.V., Krylenko M.V. 2014. Effect of an Extreme Shower (July 6–7, 2012) on the Hydrological-Morphological Processes in the Basins of Small Mountain Rivers: Case Study of the Ashamba. *Water Resources*, 42(1): 108–115. <https://doi.org/10.1134/S0097807815010054>
- Krylenko V.V., Kosyan R.D., Krylenko M.V., Podymov I.S. 2014. Transport of Solid Material to the Coastal Zone Near Gelendzhik After Extremely Heavy Rains. *Oceanology*, 54: 88–94. <https://doi.org/10.1134/S0001437014010068>

Поступила в редакцию 25.02.2025;  
поступила после рецензирования 13.05.2025;  
принята к публикации 08.06.2025

Received February 25, 2025;  
Revised May 13, 2025;  
Accepted June 08, 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

**Крыленко Марина Владимировна**,  
кандидат географических наук, ведущий  
научный сотрудник лаборатории  
литодинамики и геологии, Институт  
океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
г. Москва, Россия

**Крыленко Вячеслав Владимирович**,  
кандидат географических наук, старший  
научный сотрудник лаборатории экологии,  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова  
РАН, г. Москва, Россия

**Чистяков Александр Михайлович**,  
инженер лаборатории литодинамики и  
геологии, Институт океанологии им.  
П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina V. Krylenko**, Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher at the Lithodynamics and Geology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

**Viacheslav V. Krylenko**, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Ecology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

**Alexander M. Chistyakov**, Engineer at the Lithodynamics and Geology Laboratory, Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

УДК 332.3  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-270-281  
EDN GMCMYP

## Проблемы межевания земельных паёв как препятствие к их консолидации и получение земельных субсидий

Низамзаде Т.Н.

Бакинский государственный университет  
Азербайджанская Республика, AZ1148, г. Баку, ул. Захид Халилова, 33  
teymur\_nizamzade@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы размежевания земельных паёв в Азербайджане и способы их решения. Суть этих проблем заключается в несоответствии геодезических координатных данных земельных участков на местности с данными, указанными в документах, зарегистрированных в Государственном Земельном Реестре страны. Актуальность рассмотрения данной проблемы на сегодняшний день непосредственно связана с необходимостью проведения в Азербайджане нового этапа земельной реформы. Суть этой реформы заключается в проведении консолидации фрагментированных земельных паёв в стране. С учётом того, что без решения проблем размежевания этих земель провести их консолидацию невозможно, возникла необходимость найти способы их решения. В статье с указанием очерёдности выполнения необходимых работ в подробной форме изложены пути решения всех проблем размежевания земельных паёв.

**Ключевые слова:** земельные паи, консолидация земель, размежевание земельных участков, конфигурация земельных участков, Азербайджан, земельная реформа, размеры земельных паёв, фрагментация земель

**Для цитирования:** Низамзаде Т.Н. 2025. Проблемы межевания земельных паёв как препятствие к их консолидации и получение земельных субсидий. Региональные геосистемы, 49(2): 270–281. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-270-281 EDN: GMCMYP

## Land Surveying Problems as an Obstacle to Land Share Consolidation and Farmer Subsidies

Teymur N. Nizamzade

Baku State University  
33 Zahid Khalilov St, Baku AZ1148, Republic of Azerbaijan,  
teymur\_nizamzade@mail.ru

**Abstract.** The article examines the problems of land surveying in Azerbaijan that arose from the allocation of land shares in kind. The essence of these problems lies in the discrepancy between the actual coordinate data of land plots on the ground and the data specified in the documents of title to these plots. The author stresses the need for an effective solution for two reasons. Firstly, all old-type documents of title to land shares have to be replaced with new ones by 2025. Without their replacement, farmers will not be able to receive land subsidies. Secondly, the time has come for a new stage of land reforms aimed at consolidating land shares throughout the country. The document replacement and land share consolidation are impossible without finding ways to solve the problems of land share surveying. The author details all the mistakes of previous land reforms in the country, offers effective measures to eliminate them and describes the sequence of actions necessary to complete the work.

© Низамзаде Т.Н., 2025

**Keywords:** land shares, land consolidation, demarcation of land plots, land configuration, Azerbaijan, land reform, sizes of land shares, land fragmentation

**For citation:** Nizamzade T.N. 2025. Land Surveying Problems as an Obstacle to Land Share Consolidation and Farmer Subsidies. *Regional Geosystems*, 49(2): 270–281 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-270-281 EDN: GMCMYP

## Введение

Более двадцати пяти лет назад в Азербайджане была проведена земельная реформа. Сейчас, по прошествии этого времени, можно сделать выводы о многочисленных ошибках, допущенных в период её проведения. Основная проблема заключается в разделении больших земельных массивов на мелкие участки с неправильной конфигурацией, которые характерны для всей территории страны [Низамзаде, 2020а].

В результате проведенной в Азербайджане земельной реформы из существовавших 2005 крупных сельскохозяйственных предприятий 1964 были расформированы, а их земли и имущество на безвозмездной основе были распределены между жителями сельских населённых пунктов, находящихся на территориях данных хозяйств. Так в общей сложности в стране 3300000 человек стали собственниками земель сельскохозяйственного назначения, часть которых разделена на мелкие фрагменты, местами их площадь не превышает 1 га земли. Этот процесс продолжается и по сегодняшний день. Согласно данным Государственного Комитета Азербайджанской Республики по Статистике за 2023 год, количество фермерских хозяйств с площадями меньше одного га земли в нашей стране составляет 360741 (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Группировка сельскохозяйственной организации в Азербайджане,  
занимающаяся производством сельхозпродукции (по данным 2023 года)  
Group of agricultural organizations in Azerbaijan engaged  
in the production of agricultural products (as of 2023)

Размеры площадей хозяйства, га	По всем видам общее количество хозяйств		Хозяйство занимающиеся производством с/х продукции		Семейно-крестьянские и мелкие домашние хозяйства	
от – до, га	количество	площадь	количество	площадь	количество	площадь
– < 0,1	360848	18115	107	2	360741	18,113
0,1 – < 0,2	116096	15540	18	2	116078	15,538
0,2 – < 0,5	193324	60458	27	7	193324	60,451
0,5 – < 1	226744	153591	26	18	226718	153,573
1 – < 2	216700	321005	57	66	216643	320,938
2 – < 3	113811	260622	43	94	113768	260,528
3 – < 4	56228	185187	35	97	56193	185,090
4 – < 5	26017	119416	19	71	25998	119,345
5 – < 10	38445	249258	101	659	38344	248,599
10 – < 20	9766	124116	168	2374	9598	121,742
20 – < 50	4426	126497	274	7633	4152	118,864
50 – < 100	1734	10817	159	10569	1575	97,610
100 – < 200	869	114877	148	19357	721	95,520
200 – < 500	555	157611	137	41406	418	116,205
500 – < 1000	117	71215	36	23476	81	47,738
1000 < 2500	55	72754	31	45513	24	27,241
2500 и >	27	203584	21	163111	6	40,472
Всего	<b>1 365 762</b>	<b>2362024</b>	<b>1407</b>	<b>314455</b>	<b>1364382</b>	<b>2047569</b>

Как видно из табл. 1 в процентном соотношении удел мелких хозяйств, производящих сельхозпродукцию по всему Азербайджану с площадью менее 1 га земли, составляет более 17 %, а количество хозяйств с площадью до 5 га – 14,4 %. В целом же по Азербайджану количество хозяйств, занимающихся производством сельхозпродукции с площадью до 5 га земли, составляет почти 96 %. Вследствие такой фрагментации в использовании сельскохозяйственных земель страны появились такие неудобства, как чересполосица, вкрапливания, мелкоконтурность, дальноземелья и т. п.

Фрагментация земель как проблема сельскохозяйственной отрасли актуальна не только в Азербайджане. С этой проблемой сталкиваются и другие страны мира. Например, исследовательские работы Т. Ван Дика [van Dijk, 2003], И. Томаса [Thomas, 2006], М. Хартвигсена [Hartvigsen, 2015], П.К. Скай [Sky, 2018], К. Континена [Konttinen, 2016] показывают, что проблема фрагментации земель актуальна и в развитых странах Европы.

Исследователи из разных стран мира, преимущественно решение проблемы фрагментации земель видят в консолидации мелких и разбросанных земельных участков. По их мнению, благодаря консолидации земель происходит комплексная реорганизация территории сельскохозяйственных земель [Zhang et al., 2021], учитываются экономически рациональные размеры земельных участков и их правильные конфигурации [Bizoza, 2021], благоустройство и развитие сельской местности [Rao, 2020; Jiang et al., 2021], улучшается ландшафтный дизайн территории [Yurui et al., 2019], увеличивается урожайность сельхозкультур, повышается продовольственная безопасность населения страны [Asiama et al., 2017; Ying et al., 2020]. Консолидацию как успешную меру в борьбе с фрагментацией земель уже многие годы применяют во многих странах Европы и Азии, и последние двадцать лет начали применять и в африканских странах [Bizoza, 2021].

## Объекты и методы исследования

Учитывая то, что эффективность научной работы зависит от индивидуально разработанной методологической основы, мы в своих исследованиях прибегли к таким общенаучным методам, как: индукция, дедукция, анализ, синтез, аналогия и системный подход. С помощью методов индукции и дедукции мы определили сущность проблемы консолидации земель, и это помогло нам увидеть сопутствующие пробелы нормативно-правового характера, создающие конкретные проблемы развития института консолидации и её институциональной среды, а также предусмотреть возможности применения существующих видов консолидации сельскохозяйственных земель в нашей стране. Метод анализа мы использовали для определения правового статуса, значения и места консолидации сельскохозяйственных земель в системах земельных отношений нашей страны, а также выяснения возможности широкой реализации в Азербайджане её принципов, видов и форм. Метод синтеза нами использовался для установления связей между частями и возможностями познания объекта исследования как единого целого. При помощи метода аналогии мы провели сравнение проведения консолидации земель в Азербайджане и в зарубежных странах. Системный подход нами использовался при формировании консолидации земель сельскохозяйственного назначения в качестве системы, направленной на подготовку, обоснование и реализацию решения сложных проблем различного характера, что очень важно в этом процессе.

При консолидации земель в основном применяется три вида консолидации – добровольная консолидация, консолидация на мажоритарной основе и обязательная консолидация [Вершинская и др., 2021]. Основная суть всех трёх методов консолидации земель в первую очередь заключается в перераспределении сельскохозяйственных земель территорий, подлежащих по проекту консолидированию.

На начальном этапе из трёх видов консолидации в Азербайджане мы считаем целесообразным применение добровольного вида консолидации земель. Мы обоснуем

это тем, что этот вид консолидации земель в большей степени соответствует тем требованиям, которые призывают к соблюдению прав всех землевладельцев и являются самым простым методом и не вызовет сильные недовольства со стороны граждан, чьи интересы будут затронуты.

Для проверки на практике процесса добровольной консолидации нами на площади 26 га сильно фрагментированных сельскохозяйственных земель был осуществлен пилотный проект по консолидации этих земель. Объект нашего исследования территориально находится в пределах Губинского административного района Азербайджана в селе Талабыгышлаг. Перед проведением земельной реформы земельный массив площадью 26 га был поделён на 87 земельных участков, средний размер одного земельного участка составлял 0,30 га.

Цель пилотного проекта заключается в консолидации сильно фрагментированных земель страны и поиске способов решения проблем размежевания земельных пайёв в Азербайджане. На наш взгляд, решение данной проблемы повысит продовольственную безопасность страны и поможет рациональному использованию сельскохозяйственных земель.

### Результаты и их обсуждение

Проводимый нами анализ, систематизация и обобщение научных трудов зарубежных учёных [Zhou, 1999; Sonnenberg, 2002; Vitikainen, 2004] и собственные исследования позволили определить, что без исправления ошибок, допущенных при отводе земель в процессе первого этапа земельной реформы в стране, невозможно будет провести какой-либо из трёх вышеуказанных методов консолидации земель в Азербайджане. Так как любое перераспределение земель при их консолидации не будет иметь за собой юридического обоснования без приведения в соответствие геодезических данных земельных участков на местности с данными в правоустанавливающих документах на эти же участки. В результате исследования были предложены следующие основные этапы консолидации земель: инициирование, инвентаризация, планирование, внедрение и заключительный этап.

С учётом того, что на сегодняшний день в Азербайджанской Республике на законодательном уровне ещё не определён порядок и правило проведения консолидации земель, нам сложно сказать, каким образом будет происходить процесс инициирования консолидации земель. Тем не менее, определённые процессы, происходящие в аграрном секторе страны, говорят о том, что в скором времени на государственном уровне проблема консолидации земель будет решаться на законодательном уровне и в качестве примера можно привести нижеследующие нормативно-законодательные акты и государственные программы:

1. Закон Азербайджанской Республики «О сельскохозяйственной кооперации» 2016 года.

2. Распоряжение Президента Азербайджанской Республики об утверждении «Государственной программы развития сельскохозяйственной кооперации в Азербайджанской Республике на 2017–2022 годы».

3. Проект продовольственной и сельскохозяйственной организации (Food and Agriculture Organization – ФАО) по вопросам практического осуществления консолидации земель на пилотной территории, где в течение трёх лет (2017–2019 гг.) по просьбе правительства Азербайджана, продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) Объединенных Наций оказала всяческую техническую поддержку Министерству сельского хозяйства страны [Низамзаде, 2020б] и другие.

Мы в свою очередь считаем, что для запуска полноценного процесса консолидации земель в Азербайджане необходимо принять закон «О консолидации сельскохозяйственных земель», в котором найдутся ответы на все вопросы, связанные с проведением консолидации, и в том числе вопросы инициирования.

При внесении в натуру проектов консолидации земель в Азербайджане инвентаризация земельных участков будет одним из сложнейших этапов этого процесса, потому что в период проведения земельной реформы отвод земельных паёв крестьянам на местности (в натуре) выполнялся с грубыми ошибками. По результатам допущения таких ошибок у большинства земельных участков на местности выявлено расхождение и несоответствие фактических площадей и координатных точек с указанным в правоустанавливающих документах. Суть этих ошибок в основном заключается в допущении больших погрешностей и неточностей в геодезических координатах, площадях, точках поворотов и границах земельных участков. В результате всего этого данные о земельных участках, по факту используемых крестьянами, в большинстве случаев не соответствуют данным земельно-кадастровой базы государственного реестра земель. В табл. 2 на примере нескольких муниципальных образований, показано количество таких несоответствий.

Если учесть, что внесение изменений даже в границах одного земельного участка, приведёт к тому, что необходимо будет внести изменения в границах всех земельных участков, расположенных в одном массиве, тогда станут очевидны масштабы предстоящих работ по исправлению этих несоответствий. С учётом количества и объёма работ по всей стране можно уверенно говорить о том, что этот процесс будет продолжаться на протяжении многих лет.

Таблица 2  
 Table 2

Количество несовпадающих данных земельных паёв на местности

с данными о них в правоустанавливающих документах

The number of land shares on the ground that did not match the data in the documents of title

п/н	Район	Муниципальное образование	Количество выделенных земельных паёв	Количество несоответствий площадей земельных паёв на местности с площадями в право-устанавливающих документах	В процентном соотношении
1.	Сабирабад	Хашымханлы	885	332	37,5
		Мурадлы	1587	655	41,3
		Азадкенд	1219	519	43,1
		Агысха	948	338	35,6
2.	Джалилабад	Джалилабад	486	289	59,5
3.	Нефтчала	Татар махалла	1151	535	46,5
		Ашагы Сурра	2751	967	35,2
		Боядкенд	1318	423	32,1
		Йеникенд	1059	344	32,5
4.	Бейлекан	Шахсевер	1425	431	30,1
		Алиназарлы	795	287	36,1
		Гардаглы	344	199	57,8
5.	Исмайыллы	Галынджаг	1906	449	49,5
		Истису	396	142	35,8
		Галыджыг	1244	452	36,3
6.	Губа	Талабыгышлаг	347	232	66,8
		Кучейи	269	189	70,2
		Хоровша	198	112	56,5
		Талабы	101	46	45,5
		Тохмар	23	—	—
Итого		18254	6941	38,02	

Причиной таких несоответствий в данных земельных паях у крестьян в основном были сжатые сроки (1997–1999 гг.) проведения земельной реформы в Азербайджане [Низамзаде, 2020в]. Ещё тогда было очевидно, что, проведя масштабные реформы по всей стране за два года, было невозможно избежать негативных последствий. Так как за такой короткий срок невозможно было соблюсти точности выполнения землеустроительных работ, которые непосредственно были связаны с отводами земельных участков, не говоря уже о соблюдении агрохимических, природоохранных и других требований. Здесь важно отметить, что в такой короткий срок проведение земельной реформы в Азербайджане, было связано со сложившейся в 90-е годы XX века сложной социально-экономической ситуацией в стране.

С момента проведения предыдущих этапов земельных реформ в Азербайджане за почти 30 лет социально-экономическая ситуация в стране значительно улучшилась. Аграрный сектор страны, исходя из реалий сегодняшнего дня, давно стоит на пороге новых земельных реформ. Перед автором статьи поставлена задача – найти способ решения всех вышеперечисленных проблем, связанных с межеванием земельных паёв, что поможет скорейшему воплощению в жизнь проектов консолидации земель.

Очень важно отметить, что решение проблем межевания земельных паёв в нашей стране необходимо не только в целях их консолидации. На сегодняшний день она в первую очередь необходима для претворения в жизнь Указа Президента Азербайджанской Республики от 7 октября 2021 года № 1455 «О некоторых вопросах в связи с регулированием земельных отношений»<sup>1</sup>. Согласно п. 2.1 статьи 2 вышеназванного Указа, с 1 января 2025 года фермерам страны сельскохозяйственные субсидии будут предоставляться на основании выписки из государственного реестра недвижимости о правах собственности, аренды или пользования землёй. Другими словами, с 1 января 2025 года гражданам, занимающимся производством сельскохозяйственной продукции, на основании документов старого образца (государственных актов) субсидия предоставляться не будет, поэтому до предоставленного в вышеназванном Указе срока документы старого образца необходимо заменить на новые.

Здесь возникает резонный вопрос, возможно ли в такой короткий срок воплотить в жизнь такую тяжёлую, рутинную и большую по объёму работу, если учесть, что изначально, как было сказано выше, при выделении в натуры земельных паёв, были допущены ошибки со стороны исполнителей этих работ. Если учесть, что по результатам проведения первого этапа земельной реформы более 3 млн жителей страны стали собственникам земель и в результате заключения различных видов сделок с участками данной категории произошло множественное изменение, то легко представить количество документов старого образца, которые требуют обновления. Мы считаем, что за указанный срок провести замену документов старого образца на новые образцы невозможно. Это в первую очередь связано с тем, что фактически по-новому необходимо провести межевание земельных паёв и здесь надо отметить, что этот процесс уже выполняется соответствующими государственными органами по всей стране.

Процесс межевания земельных паёв уже существующих по факту земельных участков местами вызывает значительное недовольство со стороны собственников паёв, основанием для которого стало множество (намного больше, чем ожидалось) несоответствий между реальными данными об участке и данными, указанными в правоустанавливающем документе. Самой большой неприятностью для некоторых землевладельцев является то, что площади земельных паёв по факту оказываются меньше, чем указано в правоустанавливающем документе собственника земель. Они осознают, что в случае несоответ-

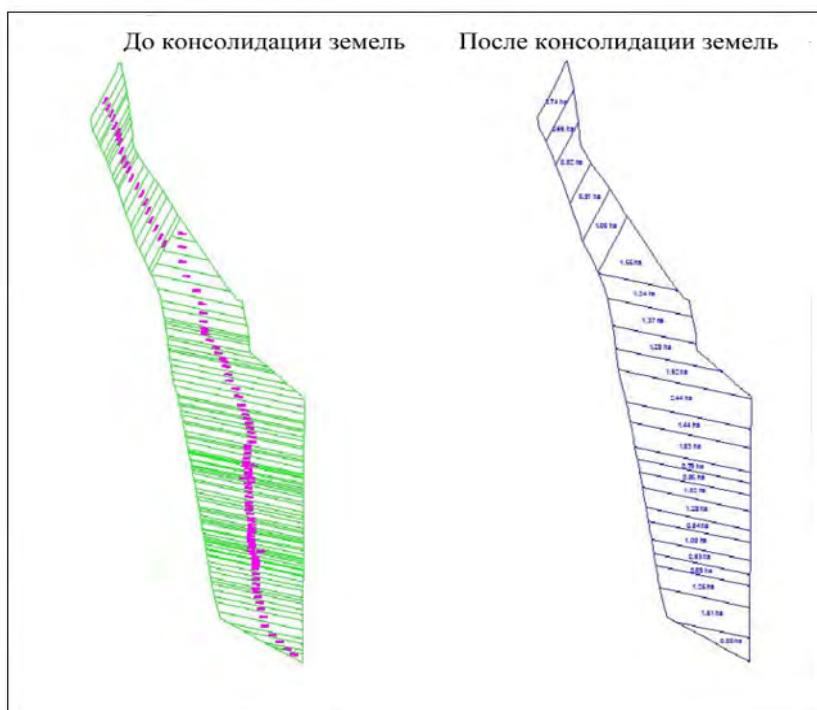
<sup>1</sup> О некоторых вопросах регулирования земельных отношений: Указ Президента Азербайджанской Республики № 1455 от 07 октября 2021. Электронный ресурс. URL: <https://president.az/az/articles/view/53377> (дата обращения 12.01.2025).

ствия данных новое межевание их земель и замена документа старого образца на новый означает, что они будут получать меньше сельскохозяйственных субсидий, чем получали до этого. Этот факт вынуждает их чувствовать себя обманутыми, и они требуют предоставить недостающие им площади, а лишних земель уже нет. Здесь возникают резонные вопросы. Есть ли выход из такой непростой ситуации? Как можно эту проблему решить?

Необходимо признать, что проблема непростая. Но, несмотря на это она должна быть решена обязательно и по мере возможности в справедливой форме. Соответствующим государственным органам надо принять тот факт, что в сложившейся ситуации граждане страны не виноваты. Важность решения этой проблемы связана не только с заменой правоустанавливающих документов старого образца на новые, что немаловажно само по себе, так как на основе нового документа фермеры смогут получать сельскохозяйственные субсидии. Помимо этого, решение представленной проблемы важно ещё тем, что: она связана с совершенствованием земельного рынка страны, решением земельных споров в случае выявления наследства или завещания, получением кредитов на развитие хозяйства и прочие цели.

Учитывая сложность вышесказанных проблем и важность их решения, мы на площади 26 га земли воплотили в жизнь pilotный проект консолидации земель. При планировании перераспределения земельных участков мы исходили из того, что в целях улучшения структуры участков и хозяйств необходимо будет: уменьшить количество земельных участков, увеличить площадь земельных участков, оптимизировать форму участков, уменьшить расстояние от дома до участков и между участками, уменьшить количество землевладельцев на территории проекта (во время процесса часть землевладельцев продают землю на добровольных началах или же обменивают свои земли).

По завершении данного проекта изначально существующие 87 земельных участков были объединены в 24 и средняя площадь земельных участков с 0,30 га выросла почти в 4,4 раза и составила 1,31 га земли (см. рисунок).



## Структура участков до и после реализации проекта земельной консолидации на добровольной основе в селе Талабыгышлаг, Губинского района Азербайджана Structure of plots before and after the implementation of the voluntary land consolidation project in the village of Talabygyshlag, Guba region of Azerbaijan

С целью экономического обоснования проекта на основе метода Н.С. Волкова нами были рассчитаны следующие показатели консолидации земель: потеря продукции с площади, занятой дорогами; повышение урожайности с/х культур за счёт регулярных поливов; снижение объёма продукции полеводства на поворотных полосах; сокращение расходов на топливо и механизированные работы.

1. Потеря продукции с площади, занятой для дополнительных дорог, нами была определена по формуле (1):

$$P_D = Y_D \times S_D, \quad (1)$$

где  $Y_D$  – урожайность с 1 га пашни, ц.;  $S_D$  – площадь дополнительных дорог, га.

2. Повышение урожайности с/х культур за счёт регулярных поливов  $P_{PY}$  рассчитали по формуле (2):

$$P_{PY} = \Delta_Y \times S_M, \quad (2)$$

где  $\Delta_Y$  – является увеличением урожайности ц., с 1 га; а  $S_M$  – чистая площадь пашни по вариантам проекта, га.

3. Снижение объёма валовой продукции полеводства по причине поворотных точек техники и  $P_{PP}$  в ц. рассчитано по формуле (3):

$$P_{PP} = K_{PP} \times Y_D \times S_{PP}, \quad (3)$$

где  $K_{PP}$  – коэффициент снижения объёма продукции полеводства на поворотных полосах;  $Y_D$  – урожайность зерновых;  $S_{PP}$  – площадь поворотных точек.

4. Расходы на топливо и механизированные работы были рассчитаны по следующей формуле (4):

$$\mathcal{E}_{GSM} = H_{GSM} \times C_{GSM} \times W_{dn} \times n \times \Delta D, \quad (4)$$

где  $H_{GSM}$  – объём расхода топлива, л на 1 га;  $C_{GSM}$  – цена 1 л топлива, манат;  $W_{dn}$  – дневная выработка агрегата, га;  $n$  – число агрегатов;  $\Delta D$  – увеличение сроков полевых работ, дней.

По произведённым нами расчётом на исследуемой территории произошли следующие положительные изменения: средняя площадь земельных участков с 0,30 га выросла почти в 4,4 раза и составила 1,31 га земли; 0,89 га земли, незаконно занятые дорогами, возвращены в сельскохозяйственный оборот; сократились расходы на горюче-смазочные материалы и удобрения; улучшился поливной режим и сократился расход воды; улучшились размеры и конфигурации земельных участков; уменьшилась площадь земель, занятых полевыми дорогами; уменьшились затраты на механизированные работы; достигнуто снижение потери продукции на поле при уборке урожая; местами сократились расстояния между земельными участками, принадлежавшими одной семье; постепенно повысилась урожайность и улучшилась структура почв; был согласован вопрос о восстановлении лесных полос. Более подробная информация об этом дана в табл. 3.

Таблица 3  
 Table 3

Территориальная организация исследуемой территории до и после консолидации земель  
 Territorial organization of the study area before and after land consolidation

Показатели исследуемых территорий	Единица измерения	До консолидации	После консолидации
Площадь проектной территории	га	26	26
Количество собственников земель	человек	61	38
Число земельных участков	единиц	87	24
Средняя площадь земельных участков	га	0,30	1,31
Среднее расстояние между участками, принадлежавшими одной семье	км	3,7	1,14
Протяжённость полевых дорог	м	347	123
Площадь, занятая полевыми дорогами	га	1,4	0,51
Потери продукции с площади, занятой дорогами	ц/га	33,1	12,1
Расходы на механизированные работы (на 1 га)	манат	180	130
Расходы на топливо при уборочных работах (на 1 га)	манат	61,2	15,3
Повышение урожайности с/х культур за счёт регулярных поливов	ц/га	32	43
Сроки уборки зерновых	дней	6	1,5

### Заключение

Все вышеуказанные показатели pilotного проекта (см. табл. 2) консолидации земель аргументированно доказывают экономическую выгоду и целесообразность увеличения площадей малых хозяйств в пользу больших, а это лишний раз подтверждает необходимость проведения консолидации земельных паёв по всей стране. Поэтому необходимо заранее позаботиться о переносе срока выполнения Указа Президента «О некоторых вопросах в связи с регулированием земельных отношений» на более поздние реалистичные сроки выполнения поставленной задачи в данном указе. После этого провести полную инвентаризацию земельных паёв по территориям каждого отдельного взятого муниципалитета по всей стране. В завершении проведённой инвентаризации подготовить полный отчёт о соответствии или несоответствии данных о земельных участках на местности с их правоустанавливающими документами, находящимися на руках собственников земель, или же с их аналогами из государственного реестра земель. По итогам инвентаризации подготовить список собственников земель тех, у кого есть излишек земель и у кого земель меньше, чем регламентировано по правоустанавливающему документу. На следующем этапе рассмотреть различные варианты обмена, продажи, отдачи излишних земельных участков с теми, у кого возникли такие ситуации, и оказать им помочь в рамках, соответствующих законодательным нормативным актам страны. В целях защиты законных прав граждан, у которых по факту меньше площади, чем указано в правоустанавливающих документах, и не представляется возможным обеспечить их недостающими земельными наделами, необходимо осуществить выплату в размере рыночной стоимости этой части площади земель. После выполнения всех вышеперечисленных работ уже с уточнёнными данными на местности можно приступить к выдаче правоустанавливающих документов, достоверность которых не может быть предметом судебного разбирательства.

На наш взгляд, такая последовательность выполнения Указа Президента Азербайджанской Республики «О некоторых вопросах в связи с регулированием земельных отношений», независимо от формы её проведения (простая, добровольная или комплексная), в

далнейшем сильно упростит процесс его воплощения в жизнь при реализации земельно-консолидационных проектов. Это в первую очередь связано с тем, что при консолидации с земельными участками в основном происходит два действия: обмен и продажа. Для выполнения этих действий в обязательном порядке потребуется, чтобы у подлежащих к обмену или продаже земельных участков на момент консолидации были чётко обозначенные границы с указанной точной площадью и зарегистрированные в государственном реестре земель правоустанавливающие документы о собственности. В противном случае совершённые сделки с земельными участками не будут иметь юридической основы и в обязательном порядке будут предметом судебного разбирательства. Учитывая вышесказанное, можно прийти к такому заключению: решение проблем межевания земельных паёв в Азербайджане требует хорошей законодательной базы и точного выполнения всех технических работ, связанных с отводом и установлением их границ.

### Список литературы

- Вершинскас Т., Видар М., Хартвигсен М., Митич Арсова К., ван Хольст Ф., Горган М. 2021. Правовое руководство по земельной консолидации. На основе опыта регулирования в Европе. Рим, ФАО, 202 с. <https://doi.org/10.4060/cf9520ru>.
- Низамзаде Т.Н. 2020а. Земельные паи и их консолидация. Московский экономический журнал, 6: 144–152. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10463>
- Низамзаде Т.Н. 2020б. Консолидация земельных долей в фермерских хозяйствах Азербайджана. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 5: 201–206.
- Низамзаде Т.Н. 2020в. Проблемы консолидации земель в Азербайджане. В кн.: Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Санкт Петербург, 01–02 октября 2020. Санкт Петербург, Агрофизический научно-исследовательский институт: 471–477.
- Asiama K.O., Bennett R.M., Zevenbergen J.A. 2017. Land Consolidation on Ghana's Rural Customary Lands: Drawing from The Dutch, Lithuanian and Rwandan experiences. Journal of Rural Studies, 56: 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.09.007>
- Bizoza A.R. 2021. Investigating the Effectiveness of Land Use Consolidation – a Component of the Crop Intensification Programme in Rwanda. Journal of Rural Studies, 87: 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.018>
- Hartvigsen M. 2015. Land Reform and Land Consolidation in Central and Eastern Europe after 1989: Experiences and Perspectives. Aalborg, Aalborg University, 449 p.
- Jiang Y., Long H., Tang Y., Deng W., Chen K., Zheng Y. 2021. The Impact of Land Consolidation on Rural Vitalization at Village Level: A Case Study of a Chinese Village. Journal of Rural Studies, 86: 485–496. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.004>
- Konttinen K. 2016. The Effectivity of Land Consolidation in Finland. Symposium on Land Consolidation and Readjustment for Sustainable Development, Apeldoorn, 9–11 November 2016. Apeldoorn, Netherlands, FIG OICRF: 1–11.
- Rao J. 2020. Comprehensive Land Consolidation as a Development Policy for Rural Vitalisation: Rural in Situ Urbanisation Through Semi Socio-Economic Restructuring in Huai Town. Journal of Rural Studies, 93: 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.009>
- Sky P.K. 2018. Land Consolidation in Norway in an International Perspective. Spanish Journal of Rural Development, 6(1/2): 81–90. <https://doi.org/10.5261/2015.GEN1.09>
- Sonnenberg J. 2002. Fundamentals of Land Consolidation as an Instrument to Abolish Fragmentation of Agricultural Holdings. Proceedings FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, 19–26 April 2002. Washington, International Federation of Surveyors: 1–12.
- Thomas J. 2006. Attempt on Systematization of Land Consolidation Approaches in Europe. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 3: 156–161.
- Van Dijk T. 2003. Dealing with Central European Land Fragmentation. Netherlands, Uitgeverij Eburon, 21 p.
- Vitikainen A. 2004. An Overview of Land Consolidation in Europe. Nordic Journal, 1(1): 25–44.
- Ying L., Dong Z., Wang J., Mei Y., Shen Z., Zhang Y. 2020. Rural Economic Benefits of Land Consolidation in Mountainous and Hilly Areas of Southeast China: Implications for Rural

- Development. Journal of Rural Studies, 74: 142–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.007>
- Yurui L., Yi L., Pengcan F., Hualou L. 2019. Impacts of Land Consolidation on Rural Human-Environment System in Typical Watershed of the Loess Plateau and Implications for Rural Development Policy. *Land Use Policy*, 86: 339–350.
- Zhang X., Timo de Vries W., Li G., Ye Y., Zhang L., Huang H., Wu J. 2021. The Suitability and Sustainability of Governance Structures in Land Consolidation Under Institutional Change: A Comparative Case Study. *Journal of Rural Studies*, 87: 276–291.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.023>
- Zhou J.M. 1999. How to Carry Out Land Consolidation an International Comparison: EUI Working Paper ECO. Italy, Badia Fiesolana: European University Institute, 17 p.

## References

- Vershinskas T., Vidar M., Hartvigsen M., Mitic Arsova K., van Holst F., Gorgan M. 2021. Legal Guide to Land Consolidation. Based on Regulatory Experiences in Europe. Rome, Pabl. FAO, 202 p.  
<https://doi.org/10.4060/cf9520ru>
- Nizamzade T.N. 2020a. Land Units and Their Consolidations. *Moscow economic journal*, 6: 144–152 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10463>
- Nizamzade T.N. 2020b. Consolidation of Land Shares in the Farms of Azerbaijan. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 5: 201–206 (in Russian).
- Nizamzade T.N. 2020b. Problemy konsolidatsii zemel v Azerbaydzhane [Problems of Land Consolidation in Azerbaijan]. In: *Vklad agrofiziki v resheniye fundamentalnykh zadach selskokhozyaystvennoy nauki* [Contribution of Agrophysics to Solving Fundamental Problems of Agricultural Science]. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation, St. Petersburg, 01–02 October 2020. St. Petersburg, Pabl. Agrofizicheskiy nauchno-issledovatelskiy institut: 471–477.
- Asiama K.O., Bennett R.M., Zevenbergen J.A. 2017. Land Consolidation on Ghana's Rural Customary Lands: Drawing from The Dutch, Lithuanian and Rwandan experiences. *Journal of Rural Studies*, 56: 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.09.007>
- Bizoza A.R. 2021. Investigating the Effectiveness of Land Use Consolidation – a Component of the Crop Intensification Programme in Rwanda. *Journal of Rural Studies*, 87: 213–225.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.018>
- Hartvigsen M. 2015. Land Reform and Land Consolidation in Central and Eastern Europe after 1989: Experiences and Perspectives. Aalborg, Aalborg University, 449 p.
- Jiang Y., Long H., Tang Y., Deng W., Chen K., Zheng Y. 2021. The Impact of Land Consolidation on Rural Vitalization at Village Level: A Case Study of a Chinese Village. *Journal of Rural Studies*, 86: 485–496. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.07.004>
- Konttinen K. 2016. The Effectivity of Land Consolidation in Finland. Symposium on Land Consolidation and Readjustment for Sustainable Development, Apeldoorn, 9–11 November 2016. Apeldoorn, Netherlands, FIG OICRF: 1–11.
- Rao J. 2020. Comprehensive Land Consolidation as a Development Policy for Rural Vitalisation: Rural in Situ Urbanisation Through Semi Socio-Economic Restructuring in Huai Town. *Journal of Rural Studies*, 93: 386–397. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.009>
- Sky P.K. 2018. Land Consolidation in Norway in an International Perspective. *Spanish Journal of Rural Development*, 6(1/2): 81–90. <https://doi.org/10.5261/2015.GEN1.09>
- Sonnenberg J. 2002. Fundamentals of Land Consolidation as an Instrument to Abolish Fragmentation of Agricultural Holdings. Proceedings FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, 19–26 April 2002. Washington, International Federation of Surveyors: 1–12.
- Thomas J. 2006. Attempt on Systematization of Land Consolidation Approaches in Europe. *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*, 3: 156–161.
- Van Dijk T. 2003. Dealing with Central European Land Fragmentation. Netherlands, Uitgeverij Eburon, 21 p.
- Vitikainen A. 2004. An Overview of Land Consolidation in Europe. *Nordic Journal*, 1(1): 25–44.
- Ying L., Dong Z., Wang J., Mei Y., Shen Z., Zhang Y. 2020. Rural Economic Benefits of Land Consolidation in Mountainous and Hilly Areas of Southeast China: Implications for Rural

- Development. Journal of Rural Studies, 74: 142–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.007>
- Yurui L., Yi L., Pengcan F., Hualou L. 2019. Impacts of Land Consolidation on Rural Human-Environment System in Typical Watershed of the Loess Plateau and Implications for Rural Development Policy. Land Use Policy, 86: 339–350.
- Zhang X., Timo de Vries W., Li G., Ye Y., Zhang L., Huang H., Wu J. 2021. The Suitability and Sustainability of Governance Structures in Land Consolidation Under Institutional Change: A Comparative Case Study. Journal of Rural Studies, 87: 276–291.  
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.023>
- Zhou J.M. 1999. How to Carry Out Land Consolidation an International Comparison: EUI Working Paper ECO. Italy, Badia Fiesolana: European University Institute, 17 p.

Поступила в редакцию 20.02.2025;  
поступила после рецензирования 07.04.2025;  
принята к публикации 18.05.2025

Received February 20, 2025;  
Revised April 07, 2025;  
Accepted May 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 АВТОРЕ

**Низамзаде Теймур Низам оглы**, кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения и кадастра недвижимости, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Teymur N. Nizamzade**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Soil Science and Real Estate Cadastre, Baku State University, Baku, Azerbaijan

УДК 528.44

DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-282-293

EDN HKDDEW

## Возможность внедрения модуля трехмерной идентификации объектов недвижимости в сервисы национальной системы пространственных данных

<sup>1, 2</sup>Гура Д.А., <sup>1</sup>Велибекова М.М., <sup>1</sup>Тихонов Т.А.

<sup>1</sup> Кубанский государственный технологический университет  
Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

<sup>2</sup>Кубанский государственный аграрный университет  
Россия, 350044, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13

gda-kuban@mail.ru, ritavelibekova@yandex.ru, timka2015@yandex.ru

**Аннотация.** В современном мире эффективное управление недвижимостью играет важную роль как для государственных органов, так для бизнеса и граждан. Соответственно, современные реалии требуют от государств внедрения передовых технологий и интеграции данных, что делает предмет исследования особенно актуальным. Одним из основных инструментов, способствующих упрощению этого процесса, является использование Национальной системы пространственных данных, включающей в себя функции сбора, хранения и анализа пространственной информации о землях, недвижимости и других объектах, что напрямую влияет на успешность их идентификации. Однако не все объекты могут быть идентифицированы в 2D-системе. Сложные объекты недвижимости, имеющие нестандартные формы и специфическое строение, сложно будет показать на карте и правильно идентифицировать на основании имеющихся в информационной системе параметров без учета их геометрических данных. Поэтому в данной статье, помимо основных функций национальной системы пространственных данных (НСПД), ее влияния на идентификацию объектов недвижимости и преимуществ, которыми она обеспечивает различные категории пользователей, рассмотрена возможность получения данных об объектах недвижимости, принимая во внимание их геометрические параметры.

**Ключевые слова:** объекты недвижимости, идентификация, геометрические параметры, национальная система пространственных данных (НСПД), 3D-кадастр, геоинформационные системы, лазерное сканирование

**Благодарности:** исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках проекта № ЛАБ-24.1/2.

**Для цитирования:** Гура Д.А., Велибекова М.М., Тихонов Т.А. 2025. Возможность внедрения модуля трехмерной идентификации объектов недвижимости в сервисы национальной системы пространственных данных. Региональные геосистемы, 49(2): 282–293. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-282-293 EDN: HKDDEW

## The Possibility of Implementing a 3D Real Estate Identification Module in a National Spatial Data System

<sup>1, 2</sup>Dmitry A. Gura, <sup>1</sup>Margarita M. Velibekova, <sup>1</sup>Timofey A. Tikhonov

<sup>1</sup>Kuban State Technological University  
2 Moskovskaya St, Krasnodar 350072, Russia

<sup>2</sup>Kuban State Agrarian University  
13 Kalinin St, Krasnodar 350044, Russia  
gda-kuban@mail.ru, ritavelibekova@yandex.ru, timka2015@yandex.ru

**Abstract.** In the modern world, effective real estate management is becoming an increasingly important aspect, both for government agencies, businesses, and citizens. Accordingly, modern realities require

states to introduce advanced technologies and integrate data, which makes the subject of research particularly relevant. One of the main tools contributing to the simplification of this process is the use of the National Spatial Data System (NSDS), which includes the functions of collecting, storing and analyzing spatial information about lands, real estate and other objects, which directly affects the success of their identification. However, not all objects can be identified in a 2D system. Complex real estate objects with non-standard shapes and specific structures will be difficult to show on a map and correctly identify based on the parameters available in the information system without considering their geometric data. Therefore, this article addresses the possibility of obtaining data on real estate objects considering their geometric parameters, in addition to studying the main functions of the NSDS, its impact on the identification of real estate objects and the advantages that it provides to various categories of users.

**Keywords:** real estate objects, identification, geometric data, National Spatial Data System, 3D cadastre, geoinformation systems, laser scanning

**Acknowledgements:** The study was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation within the framework of project № LAB-24.1/2.

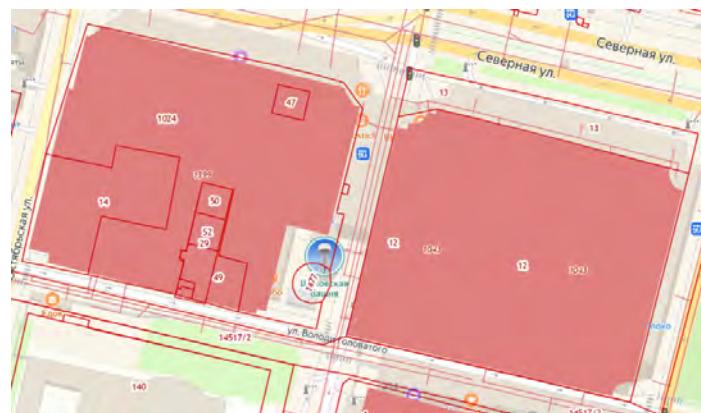
**For citation:** Gura D.A., Velibekova M.M., Tikhonov T.A. 2025. The possibility of Implementing a 3D Real Estate Identification Module in a National Spatial Data System. *Regional Geosystems*, 49(2): 282–293 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-282-293 EDN: HKDDEW

## Введение

В нашей стране система единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) на сегодняшний день является основной информационной базой, которая содержит ключевые данные об объектах недвижимости. Основой системы ЕГРН является применение информационных технологий. Простота и удобство пользования данным функционалом также заключаются в предоставлении услуг в режиме онлайн с помощью публичной кадастровой карты (ПКК), где есть возможность непосредственно получить справочную информацию о любом объекте недвижимости. На карте отображается конфигурация объектов недвижимости, однако их объем никак не учитывается, поэтому невозможно правильно отобразить подземные или сложные объекты недвижимости, имеющие нестандартные формы, например, нависающую часть здания на соседний участок, а также учесть рельеф местности, который также во многих случаях имеет большое значение. Для г. Краснодара примером одних из таких специфичных объектов является здание ТЦ «Галерея Краснодар» (рис. 1), оба корпуса которого соединяются проходом на втором этаже строения. Данная связующая часть не показывается на ПКК, и создается впечатление, что на карте два отдельно стоящих здания, между которыми проходит дорога, в то время как фактически они соединены между собой.



a)



б)

Рис. 1. Торговый центр «Галерея Краснодар» – а) реальная конфигурация ОКС; б) 2D-модель ОКС  
Fig. 1. «Gallery» shopping center – a) the real configuration of the capital construction facility;  
b) the 2D model of the capital construction facility

Кроме того, пользователю ПКК не всегда удается понять, конфигурация какого объекта показана на карте. По ряду причин иногда информация о таких объектах не отображается на карте, даже если они были поставлены на учет и имеют свои кадастровые границы. Много подобных объектов находится в Чистяковской роще г. Краснодара (рис. 2).

С течением времени стало понятно, что ЕГРН содержит недостаточное количество информации об объектах недвижимости, необходимой для полной оценки сложившихся ситуаций в области отношений с недвижимым имуществом, в том числе с целью принятия и дальнейшей реализации объективно верных управленческих решений в сфере развития территорий, а также для разработки методики эффективного оказания государственных услуг [Яковлев, 2023].

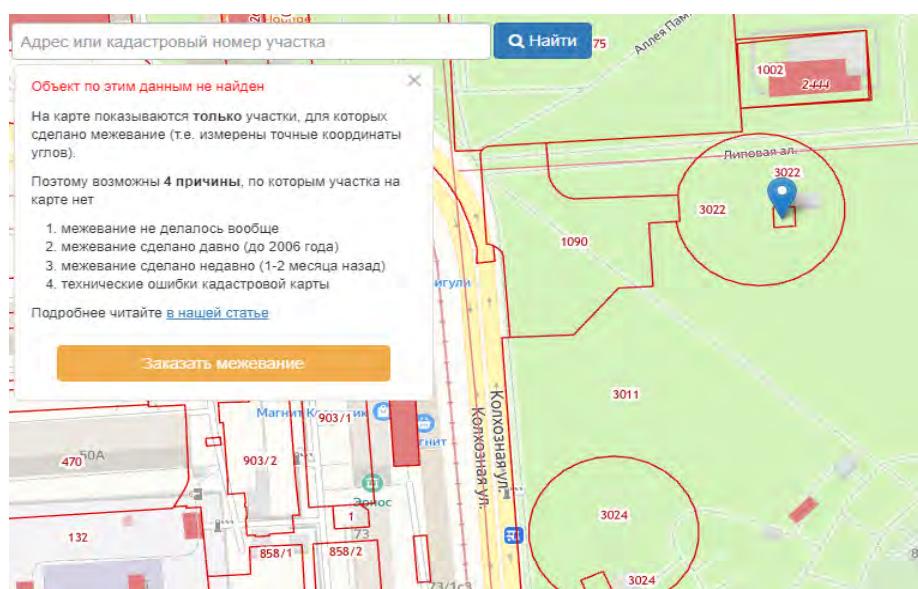


Рис. 2. 2D-модель объекта из публичной кадастровой карты  
Fig. 2. 2D model of an object from a public cadastral map

Эта проблема возникла в связи с отсутствием единой системы информационных данных, позволяющей объединять информацию из множества различных достоверных источников и создать единое пространство для хранения и обработки данных, касающихся недвижимости и земельных ресурсов [Провалова и др., 2024].

В связи с этим с декабря 2022 года в России на ранних этапах начала вводиться в работу Федеральная государственная информационная система «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных» (ФГИС ЕЦП НСПД), которая осуществляет сбор и интеграцию поступающих на платформу в рамках информационного взаимодействия пространственных данных из различных федеральных и региональных информационных систем, включая муниципальные и государственные источники, затем объединяет их и структурирует. Принцип ее работы основан на использовании географических информационных систем (ГИС) и новейших технологий, которые позволяют осуществить автоматический поиск и консолидацию кадастровой информации из различных источников, в том числе данных о землепользовании и иных пространственных данных [Барсукова, Карпенко, 2024; Провалова и др., 2024].

Внедрение данной системы значительно упрощает доступ к данным для обычных граждан, физических лиц и государственных органов, предоставляя возможность получения точных, актуальных и легитимных данных в единой информационной системе.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования данной статьи являются объекты недвижимости сложной и неправильной формы, конфигурацию которых проблематично определить с высокой точностью без их 3-Д визуализации. Так, выше был приведен пример несоответствия данных публичной кадастровой карты, содержащих неполные сведения без учета всех особенностей фактической конструкции здания ТЦ «Галерея». Одним из простых примеров являются учебные корпуса А, Б и Г, расположенные по адресу: г. Краснодар, ул. Московская, 2. При визуальном осмотре можно увидеть, что между корпусами А и Г находится переход на уровне 2-го этажа, который не отображен в геоинформационном портале в системе НСПД (рис. 3а). При просмотре исследуемого объекта на ортофотоплане, являющимся картографической основой публичной кадастровой карты, данный переход также не виден (рис. 3б).

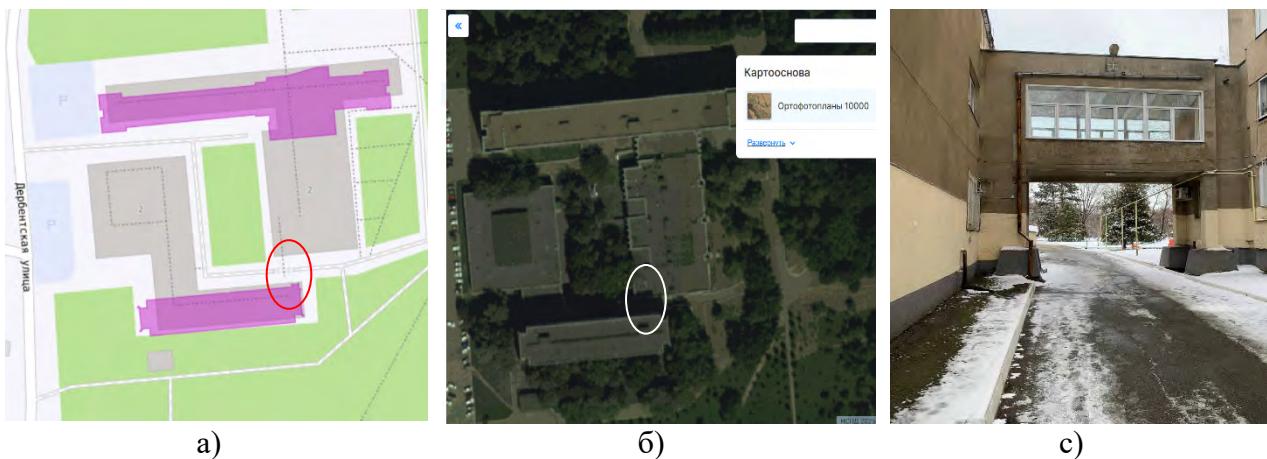


Рис. 3. Корпуса А и Г по адресу: г. Краснодар, ул. Московская, 2:

а) Конфигурация объекта на ПКК в системе НСПД; б) конфигурация объекта на ортофотоплане в системе НСПД; в) реальная конфигурация объекта

Fig. 3. Buildings A and Г at the address: Krasnodar, Moskovskaya St. , 2: a) Configuration of the object in PCM in the NSDS system; b) orthophotoplane configuration in the NSDS system; c) the actual configuration of the object

Похожая ситуация с корпусом Б, который в реальности имеет выступающую часть в виде крыльца с лестницей, не отображаемых на карте (рис. 4). Из этого можно сделать вывод, что без визуального осмотра, основываясь только на анализе данных из открытых источников, нельзя получить полную и достоверную информацию о данном объекте. Подобная ситуация встречается довольно часто.

В статье применены экспериментальные, аналитические и теоретические методы. Теоретический метод был использован для изучения зарубежной и отечественной литературы, а также применения отечественных разработок в данной сфере.

С помощью экспериментального и аналитического методов была выявлена проблема отсутствия полноценных данных об объектах недвижимости, а именно – невозможность определения точной конфигурации сложных объектов. Решение проблемы в виде создания модуля также было достигнуто экспериментальным путем, основываясь на аналитических заключениях.



Рис. 4. Корпус Б по адресу: г. Краснодар, ул. Московская, 2: а) Конфигурация объекта на ПКК в системе НСПД; б) реальная конфигурация объекта

Fig. 4. Building B at the address: Krasnodar, st. Moskovskaya, 2: a) The configuration of the object on the PCM in the NSDS system; b) the actual configuration of the object

## Результаты и их обсуждения

В целях оптимизации поиска и анализа необходимых данных разрабатывается проект по созданию единой системы классификации и кодирования (ЕСКК) НСПД, объекты в которой будут систематизированы по названию и с использованием уникального кода (классификатора). В каждой сформированной категории будет представлен набор характеристик и указан источник получения данных, при этом для каждого источника будет дана ссылка на первоисточник и отметка о владельце информации. Данная система позволит не сомневаться в прозрачности и достоверности данных, содержащихся в системе НСПД [Мартынова, 2023; Панасюк и др., 2023].

Помимо возможности получения сводной информации об объектах недвижимости по их адресам, выбранным границам или по заданному кадастровому номеру, Единая платформа позволит повысить эффективность использования земель и других объектов недвижимости с помощью предложенных картографических слоев НСПД. Также система содержит полезные сервисы различной тематики, такие как «Комплексное развитие территорий», «Индивидуальное жилищное строительство», «Земля для стройки», «Градостроительная проработка онлайн» и другие сервисы, способствующие снабжению информацией, которая позволит принимать взвешенные и обоснованные решения, связанные с недвижимостью, причем не только государственным структурам, но и бизнес-предприятиям.

Данные сервисы играют важную роль в оценке недвижимости, в том числе в рациональном планировании использования земель, поскольку агрегированные данные из единой системы помогают не только идентифицировать объекты недвижимости, но и определить их целевое назначение, что, соответственно, будет способствовать более рациональному использованию земельных ресурсов [Мартынова, 2023].

Немаловажным является тот факт, что пространственные данные, а также другие различные измеряемые параметры объектов, указываются с очень высокой точностью за счет применения современных технологий, основанных на использовании спутниковых систем, высокочувствительных и высокотехнологичных приборов [Гура и др., 2023]. Система предлагает координаты, карты и другие географические сведения, что позволяет с высокой точностью установить местоположение объектов. Это особенно важно в случаях, связанных с передачей прав на землю, сделками купли-продажи или судебными разбирательствами. Например, в ходе судебного процесса, связанного с правом собственности на участок, наличие точных географических данных может служить убедительным доказательством и помочь установить реальные границы собственности. Кроме того, в сделках купли-

продажи точная геолокация помогает избежать ошибок, связанных с поиском аналогичных объектов, тем самым снижая риски как для покупателей, так и для продавцов [Несипбаев, Москвин, 2024; Щеняевская, Шалая, 2024].

Точность данных о местоположении объектов также значительно повышает скорость государственного кадастрового учета и регистрации прав на недвижимость, в частности за счет исключения возможности содержания в системе недостоверной информации. Консолидированные данные также могут быть использованы для анализа рыночной стоимости объектов недвижимости, по результатам которого выявляются отчетливые тенденции и прослеживаются определенные закономерности в данной сфере.

НСПД также обеспечивает регулярное обновление информации о недвижимости, в том числе данных о собственниках, изменениях прав на объекты, актуализацию данных о рыночной стоимости многих объектов, разрешения на строительство и другие важные параметры [Провалова и др., 2024].

Автоматическое внесение данных в систему позволяет избегать ошибок в виде дублирования данных, что часто происходит при ручном вводе, или использования устаревших сведений, и дает пользователям возможность всегда получать актуальную информацию, необходимую для принятия решений. Например, при планировании покупки недвижимости потенциальный покупатель может узнать о текущем статусе объекта, включая любые сведения об ограничениях или изменениях в правах собственности, что значительно снижает риски мошенничества и неожиданных ситуаций.

Несмотря на все преимущества ФГИС ЕЦП НСПД, она не содержит геометрической информации об объектах, позволяющей увидеть их в объемном виде. В России нет системы пространственных данных, учитывающей трехмерные параметры объектов. Во многих случаях стандартной информации об объектах не хватает, и важно видеть общую картину местности, в том числе ее рельеф, а также объемные формы нестандартных и уникальных объектов, основанные на геометрических данных. В связи с этим необходимость в создании трехмерного кадастра очевидна [Чернов, 2018; Лахтионова, 2021].

В России уже были попытки создания 3D-кадастра. В 2010 году был разработан российско-нидерландский проект «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в Российской Федерации». Объектом изучения был выбран Нижний Новгород. По окончании проекта в 2012 году было сформулировано три главных рекомендации:

- необходимость усовершенствования нормативной базы;
- необходимость разработки отечественного программного обеспечения (далее – ПО) для формирования 3D-моделей;
- необходимость создания более функциональной производственной среды.

На сегодняшний день данные рекомендации частично реализованы: определены требования к содержанию 3D-моделей и сформулировано само понятие 3D-модели объектов недвижимости [Карцева и др., 2019; Коковин, Круговенко, 2024]. Помимо этого, рассмотрена возможность использования НСПД в качестве основной производственной среды для размещения в ней модуля 3D-кадастра. Однако методика создания 3D-моделей по-прежнему не разработана. Системы для импорта, экспорта и обработки моделей, необходимые для приведения их в единый формат, также отсутствуют. При этом важно создать отечественный рынок программного обеспечения, который позволит формировать модели в соответствии с установленными требованиями.

В качестве фундамента государственной цифровой платформы, созданной в нашей стране для работы с открытыми пространственными данными, выступает Единая электронная картографическая основа (ЕЭКО), в состав которой входят двухмерные ортофотопланы масштаба 1 : 2000, цифровые топографические карты для городов в масштабе 1 : 2000 и для территорий муниципальных районов в масштабе 1 : 10000.

Несмотря на наличие существующей картографической основы, указанные ранее пространственные данные не дают полного представления об объектах недвижимости и

не удовлетворяют современным требованиям к сведениям, необходимым для развития территорий. Применение 3D-данных позволит в дистанционном режиме получать актуальную информацию и принимать правильные решения в отношении дальнейших сделок с объектами [Shahidinejad и др., 2024; Višnjevac и др., 2024].

В связи с этим предлагается создание нового модуля в НСПД с возможностью трехмерной идентификации объектов недвижимости. В данном случае модуль представляет собой функционально законченный фрагмент программы, оформленный в виде отдельного файла с исходным кодом. Это будет модуль, интегрированный в систему НСПД, с возможностью беспрепятственно взаимодействовать с остальными компонентами.

Использование данного модуля позволит в кратчайшие сроки исправлять и фиксировать в программе спорные и сложные ситуации, которые были заложены в двухмерной системе. Поэтому на начальных этапах работы нового модуля НСПД наилучшим решением будет применять идентификацию к выборочным объектам недвижимости, особенно тем, по которым чаще всего возникают разногласия или споры [Мягкая, 2020]. Такой подход позволит сфокусировать усилия на наиболее проблемных участках, выявить и устранить потенциальные ошибки в системе до ее масштабного внедрения. Кроме того, реализация трехмерной идентификации позволит создать более полную и точную карту недвижимости, что улучшит качество предоставляемых гражданам услуг и повысит прозрачность операций с недвижимостью.

Трехмерный модуль в НСПД будет способствовать более эффективной работе кадастровых служб, упростит процедуры регистрации прав и сделок с недвижимостью, а также обеспечит более надежную защиту прав собственности. Появится возможность визуально прослеживать результаты землеустроительных экспертиз, наглядно анализировать и сопоставлять полученную информацию для наиболее полного видения сложившихся ситуаций.

Для достижения максимальной эффективности модуля важно обеспечить его совместимость с современными технологиями геоинформационного моделирования, в частности, с ТИМ-системами (технология информационного моделирования), что позволит использовать актуальные данные о зданиях и сооружениях в процессе их эксплуатации [Алтынцев, 2023]. Здесь стоит отметить, что основным инструментом, позволяющим визуализировать объекты недвижимости и окружающую территорию, является лазерное сканирование, позволяющее создавать 3D-модели. Такая технология наиболее подходит для создания 3D-пространства. На рис. 5 представлена данная технология относительно вышеуказанного в статье учебного корпуса Б (см. рис. 3). Необходимого эффекта также можно добиться путем использования в работе оптических 3D-сканеров со структурированным подсветом или с датчиком глубины и иных инструментов 3D-съемки, позволяющих получить модель объекта с требуемой точностью и наиболее высокой детализацией [Азаров, Карелина, 2019; Заброда и др., 2021].

Кроме того, при более детальной и тщательной проработке модуля теоретически есть возможность его функционирования в четырехмерной системе, учитывающей временное пространство. Иначе говоря, модуль позволит отслеживать изменения геометрических параметров объектов в реальном времени, транслируя все основные изменения на карте. Работа данной функции потребует четко налаженной связи со спутниковыми системами, что непременно займет немало времени и ресурсов.

Данный модуль можно включить в НСПД в качестве отдельного дополнительного сервиса или же как дополнительный слой, в котором, помимо данных ортофотопланов из Единой электронной картографической основы, будут содержаться геометрические данные в виде облаков точек, формирующих полную 3D-модель объектов [Аврунев, Гиниятов, 2023].

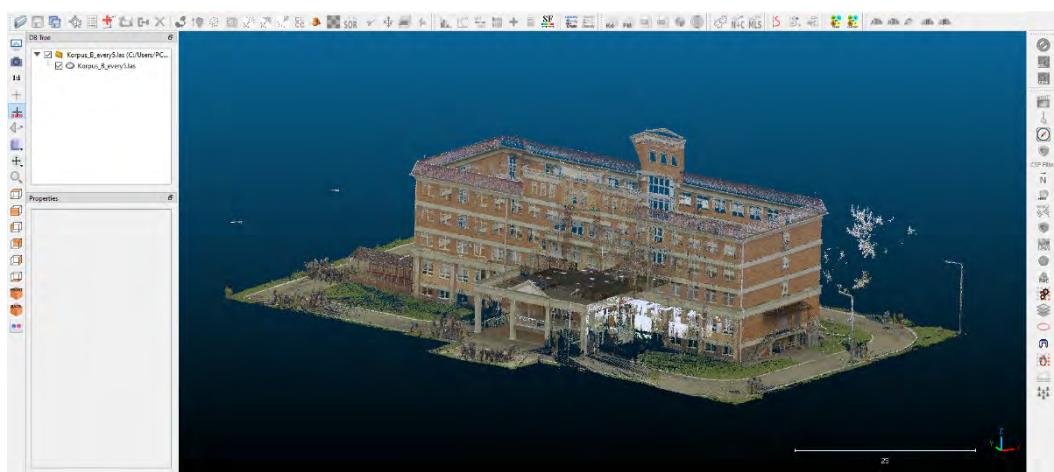


Рис. 5. Модель облака точек объекта недвижимости  
Fig. 5. Real Estate Point Cloud model

Внедрение такого модуля потребует обучения специалистов и модернизации программного обеспечения. Однако долгосрочные преимущества от применения трехмерной идентификации, такие как уменьшение числа ошибок, ускорение процесса регистрации и повышение доверия к системе НСПД, которые в совокупности приведут к более частому ее использованию, окупят первоначальные инвестиции и усилия.

### Заключение

В статье была проанализирована существующая система хранения и предоставления информации об объектах недвижимости «Национальная система пространственных данных». Внедрение данной системы фактически подготовило основу для реальной возможности создания 3D-кадастра в России.

В результате исследования предложена возможность трехмерной идентификации объектов недвижимости в системе НСПД. Так как система обеспечивает пользователей актуальными, точными агрегированными данными об объектах недвижимости, причем предлагая различные сервисы, способствующие решению задач в различных направлениях для определенных секторов недвижимости. Поскольку система объединяет сведения из различных источников, интегрированные данные поступают в единое пространство и имеют единый формат, принцип организации, обработки и хранения информации. Это облегчит дальнейшую работу с геометрическими данными, позволяющими создать трехмерное изображение объектов. Также нет необходимости в создании новой системы или платформы для 3D-кадастра, поскольку модуль трехмерной идентификации можно просто добавить к существующим слоям, либо вместить как отдельный сервис в данной системе, который дополнит работу и функциональный диапазон НСПД.

Также в статье предложен возможный вариант использования 4D-пространственных данных, которые помогают отследить тенденции развития и изменения геометрических параметров объектов недвижимости в реальном времени, а также прогнозировать их изменения в будущем, транслируя все основные изменения на карте.

Таким образом, трехмерный кадастр представляет собой современный подход к созданию новых кадастровых информационных систем. Внедрение модуля для трехмерной идентификации в Национальной системе пространственных данных является шагом, который позволит существенно улучшить управление земельными ресурсами и недвижимостью. Этот проект требует междисциплинарного подхода и участия различных заинтересованных сторон, и его успешная реализация создаст основу для развития более современных и точных систем учета и управления, способствующих устойчивому развитию работы с пространственными данными в стране.

## Список литературы

- Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. 2023. Разработка системы нормативных допусков при создании геодезического обоснования для выполнения кадастровых работ в формате 3D. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 67(3): 16–26. <https://doi.org/10.30533/GiA-2023-020>
- Алтынцев М.А. 2023. Методика интеграции данных наземного и воздушного лазерного сканирования. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 67(1): 26–41. <https://doi.org/10.30533/GiA-2023-007>.
- Азаров Б.Ф., Карелина И.В. 2019. Наземное лазерное сканирование как инструмент для формирования информационных моделей зданий и сооружений. Геодезия и картография, (80)6: 16–23. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-948-6-16-23>.
- Барсукова Г.Н., Карпенко А.А. 2024. Создание национальной системы пространственных данных и ее роль в управлении земельными ресурсами. В кн.: Междисциплинарные исследования: опыт прошлого, возможности настоящего, стратегии будущего. Международная научно-практическая конференция, Москва, 22 марта 2024. М., Издательство ЦДПО «Цифровая академия»: 256–266.
- Гура Д.А., Дьяченко Р.А., Дражецкий Д.А. 2023. Методика получения пространственных данных при помощи методов дистанционного зондирования Земли. В кн.: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 20 апреля 2023. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина: 141–146.
- Заброда О.С., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Панченко Е.А. 2021. Использование технологии лазерного сканирования в области градостроительства. Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник), 4: 86–90.
- Карцева В.В., Демичева М.Ю., Матвеева А.А. 2019. К вопросу идентификации объекта недвижимости. Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии, 4(4): 17–24.
- Коковин П.А., Круговенко Н.О. 2024. Проблемы и перспективы создания 3D кадастра в России: отечественный и зарубежный опыт. В кн.: Актуальные вопросы землепользования и управления недвижимостью. VI Национальная научно-практическая конференция, Екатеринбург, 08 апреля 2024. Екатеринбург, Уральский государственный горный университет: 134–149.
- Лахтионова А.В. 2021. Трехмерный кадастр недвижимости. В кн.: Поколение будущего. Международная студенческая научная конференция, Санкт-Петербург, 30 ноября 2021. Санкт-Петербург, Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ»: 19–23.
- Мартынова Е.В. 2023. Структурная модель национальной системы пространственных данных Российской Федерации. Экономика и управление: проблемы, решения, 2(2(134)): 84–92. <https://doi.org/10.36871/ek.up.r.2023.02.02.010>.
- Мартынова Е.В. 2023. Формирование и обеспечение качества национальной системы пространственных данных. Дис. ... канд. эконом. наук. Санкт-Петербург, 277 с.
- Мягкая Н.А. 2020. Некоторые вопросы идентификации объектов недвижимости в целях их государственного кадастрового учета. В кн.: Научные исследования и разработки молодых ученых для развития АПК. Материалы LXII научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов, посвященной 240-летию основания Государственного университета по землеустройству, Москва, 22–26 апреля 2019. Москва, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Государственный университет по землеустройству: 137–139.
- Несипбаев А.С., Москвин В.Н. 2024. Связь технологии информационного моделирования и кадастрового учета при работе с объектами капитального. Вестник СГУГиТ, 29(6): 143–153. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-6-143-153>.
- Панасюк М.В., Пудовик Е.М., Сабирзянов А.М., Шарифуллин М.Р. 2023. Оценка общей эффективности системы пространственных данных региона. Вопросы экономики и права, 186: 82–88. <https://doi.org/10.14451/2.186.82>.

- Провалова Е.В., Гудков Н.А., Борисов Д.А. 2024. Национальная система пространственных данных. В кн.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024. Ульяновск, Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина: 308–311.
- Чернов А.В. 2018. Разработка и исследование методики формирования трехмерного кадастра объектов недвижимости. Дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 159 с.
- Щеняевская Л.А., Шалая А.А. 2024. Технология объединения пространственных данных, полученных по результатам наземного лазерного сканирования, цифровой аэрофотосъемки и ручного лазерного сканирования. В кн.: Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых. Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля 2024. Краснодар, Кубанский государственный технологический университет: 509–515.
- Яковлев Д.С. 2023. Национальная система пространственных данных как инструмент нормализации и гармонизации сведений ЕГРН. В кн.: Национальные концепции качества: роль качества в научно-технологическом развитии страны. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 09 октября 2023. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный экономический университет: 355–357.
- Višnjevac N., Šoškić M., Mihajlović R. 2024. Towards Quality Management Procedures in 3D Cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(5): 160. <https://doi.org/10.3390/ijgi13050160>
- Shahidinejad J., Kalantari M., Rajabifard M. 2024. 3D Cadastral Database Systems – A Systematic Literature Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(1): 30. <https://doi.org/10.3390/ijgi13010030>.

## References

- Avrunev E.I., Giniyatov A.I. 2023. Development of a System of Regulatory Tolerances when Creating a Geodetic Justification for Performing Cadastral Works in 3d Format. *Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*, 67(3): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.30533/GiA-2023-020>.
- Altyntsev M.A. 2023. The Technique of Terrestrial and Airborne Laser Scanning Data Fusion. *Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*, 67(1): 26–41 (in Russian). <https://doi.org/10.30533/GiA-2023-007>.
- Azarov B.F., Karelina I.V. 2019. Ground Laser Scanning as a Tool for Creating Buildings-And-Structures' Information Modeling (BIM). *Geodesy and Cartography*, 80(6): 16–23 (in Russian). <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-948-6-16-23>.
- Barsukova G.N., Karpenko A.A. 2024. Creation of the National Spatial Data System and Its Role in Land Management. In: *Interdisciplinary Research: Experience of the Past, Possibilities of the Present, Strategies of the Future*. International scientific and practical conference, Moscow, 22 March 2024. Moscow, Publ. Center for Continuing Professional Education "Digital Academy": 256–266 (in Russian).
- Gura D.A., Dyachenko R.A., Drazhetskiy D.A. 2023. Method for Obtaining Spatial Data Using Earth Remote Sensing Methods. In: *Current Problems and Prospects for the Development of Land and Property Relations*. Proceedings of the V All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, 20 April 2023. Krasnodar, Publ. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin: 141–146 (in Russian).
- Zabroda O.S., Gura D.A., Drazhetsky D.A., Panchenko E.A. 2021. Use of Laser Scanning Technology in the Field of Urban Planning. *Science. Engineering. Technology* (polytechnical bulletin), 4: 86–90 (in Russian).
- Kartseva V.V., Demicheva M.Y., Matveeva A.A. 2019. On the Issue of Identification of the Property. *Vestnik of Tver State Technical University. Series "Building. Electrical engineering and chemical technology"*, 4(4): 17–24 (in Russian).
- Kokovin P.A., Krugovenko N.O. 2024. Problems and Prospects for Creation of 3d Cadastre in Russia: Domestic and Foreign Experience. In: *Current Issues of Land Use and Real Estate Management*. VI National Scientific and Practical Conference, Ekaterinburg, 08 April 2024. Ekaterinburg, Publ. Ural'skiy gosudarstvennyy gornyy universitet: 134–149 (in Russian).

- Lakhtionova A.V. 2021. Three-Dimensional Real Estate Cadastre. In: Generation of the Future. International Student Scientific Conference, St. Petersburg, 30 November 2021. St. Petersburg, Pabl. Humanitarian National Research Institute "NATSRZAVITIE": 19–23 (in Russian).
- Martynova E.V. 2023. Structural Model of the National Spatial Data System of the Russian Federation. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2(2(134)): 84–92 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.02.02.010>.
- Martynova E.V. 2023. Formirovanie i obespechenie kachestva natsional'noy sistemy prostranstvennykh dannykh [Formation and Quality Assurance of the National Spatial Data System]. Dis. ... cand. ekonom. sciences. St. Petersburg, 277 p.
- Myagkaya N.A. 2020. Nekotorye voprosy identifikatsii ob"ektov nedvizhimosti v tselyakh ikh gosudarstvennogo kadastrovogo ucheta [Some Issues of Identification of Real Estate Objects for the Purposes of Their State Cadastral Registration]. In: Nauchnye issledovaniya i razrabotki molodykh uchenykh dlya razvitiya APK [Scientific Research and Development of Young Scientists for the Development of the Agro-Industrial Complex]. Proceedings of the LXII scientific and practical conference of students, postgraduates, young scientists and specialists dedicated to the 240th anniversary of the founding of the State University of Land Management, Moscow, 22–26 April 2019. Moscow, Pabl. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya Gosudarstvennyy universitet po zemleustroystvu: 137–139.
- Nesipbaev A.S., Moskvin V.N. 2024. Communication of information modeling and cadastral accounting when working with a capital construction objects. *Vestnik SSUGT*, 29(6): 143–153 (in Russian). <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-6-143-153>.
- Panasyuk M.V., Pudovik E.M., Sabirzyanov A.M., Sharifullin M.R. 2023. Assessment of Overall Effectiveness of Spatial Data System of the Region. *Issues of Economics and Law*, 186: 82–88 (in Russian). <https://doi.org/10.14451/2.186.82>.
- Provalova E.V., Gudkov N.A., Borisov D.A. 2024. National Spatial Data System. In: Agrarian Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways of Their Solution. Proceedings of the XIV International scientific and practical conference, Ulyanovsk, 25 June 2024. Ulyanovsk, Pabl. Ul'yanovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. P.A. Stolypina: 308–311 (in Russian).
- Chernov A.V. 2018. Razrabotka i issledovanie metodiki formirovaniya trekhmernogo kadastra ob"ektov nedvizhimosti [Development and Research of the Methodology for the Formation of a Three-Dimensional Cadastre of Real Estate Objects]. Dis. ... cand. techn. science. Novosibirsk, 159 p.
- Shchenyavskaya L.A., Shalaya A.A. 2024. Tekhnologiya ob"edineniya prostranstvennykh dannykh, poluchennykh po rezul'tatam nazemnogo lazernogo skanirovaniya, tsifrovoy aerofotos"emki i ruchnogo lazernogo skanirovaniya [Technology for Combining Spatial Data Obtained from Terrestrial Laser Scanning, Digital Aerial Photography and Hand-Held Laser Scanning]. In: Molodezhnaya nauka. Sbornik luchshikh nauchnykh rabot molodykh uchenykh [Youth Science. Collection of the best scientific works of young scientists]. Proceedings of the LI student scientific conference, Krasnodar, 29 February 2024. Krasnodar, Pabl. Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet: 509–515.
- Yakovlev D.S. 2023. Natsional'naya sistema prostranstvennykh dannykh kak instrument normalizatsii i garmonizatsii svedeniy EGRN [National Spatial Data System as a Tool for Normalization and Harmonization of USRN Data]. In: Natsional'nye kontseptsii kachestva: rol' kachestva v nauchno-tehnologicheskem razvitiu strany [National Concepts of Quality: the Role of Quality in the Scientific and Technological Development of the Country]. Proceedings of the National scientific and practical conference with international participation. St. Petersburg, 09 October 2023. St. Petersburg, Pabl. St. Petersburg State University of Economics: 355–357.
- Višnjevac N., Šoškić M., Mihajlović R. 2024. Towards Quality Management Procedures in 3D Cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(5): 160. <https://doi.org/10.3390/ijgi13050160>
- Shahidinejad J., Kalantari M., Rajabifard M. 2024. 3D Cadastral Database Systems – A Systematic Literature Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(1): 30. <https://doi.org/10.3390/ijgi13010030>.

Поступила в редакцию 10.01.2025;  
поступила после рецензирования 23.02.2025;  
принята к публикации 30.03.2025

Received January 10, 2025;  
Revised February 23, 2025;  
Accepted March 30, 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

**Гура Дмитрий Андреевич**, кандидат технических наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет; доцент, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия

**Велибекова Маргарита Магомедовна**, магистрант кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

**Тихонов Тимофей Андреевич**, магистрант кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Dmitry A. Gura**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University; Associate Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

**Margarita M. Velibekova**, Master's student of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

**Timofey A. Tikhonov**, Master's Student of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

УДК 504.45  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-294-307  
EDN JEYUOK

## Влияние русловых процессов реки Вычегды на функционирование инфраструктурных объектов в границах города Сыктывкара

Боровлев А.Ю., Денисова И.В., Новиков А.Д.

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,  
Россия, 167000, г. Сыктывкар, ул. Петрозаводская, 12  
machineboro@gmail.com, ilona4021@yandex.ru, artem.novikov.2001@mail.ru

**Аннотация.** Естественный ход руслового процесса часто является определяющим фактором возникновения природной экологической напряженности для функционирования инженерных сооружений и проживания населения в пределах речного бассейна. Геолого-геоморфологические условия и климатические факторы обуславливают слабую устойчивость русла р. Вычегды, по берегам которой расположены населенные пункты с соответствующей инфраструктурой и крупные предприятия лесопромышленного комплекса, играющие важную роль в экономике страны. Исследование и прогноз развития процессов в русле р. Вычегды в пределах г. Сыктывкара важны для обеспечения экологической безопасности территории, снижения и предотвращения экономического ущерба вследствие неблагоприятных гидрологических явлений и процессов, обеспечения штатной работы инженерных объектов в пределах речной долины, а также комфорtnого проживания населения. В процессе создания карт развития плановых деформаций исследуемого участка Вычегды использовались методы экстраполяции, сравнительно-географического анализа и анализа данных дистанционного зондирования Земли. В результате проведенного исследования на основании полученных карт были выявлены объекты производственной и социальной инфраструктуры, населенные пункты, наиболее подверженные негативному воздействию со стороны естественного хода развития русловых деформаций, а также даны рекомендации по снижению и предотвращению ущерба вследствие неблагоприятных гидрологических явлений и процессов.

**Ключевые слова:** русловый процесс, русловые деформации, долина Вычегды, экстраполяция, экологическая напряженность, неблагоприятные гидрологические явления

**Для цитирования:** Боровлев А.Ю., Денисова И.В., Новиков А.Д. 2025. Влияние русловых процессов реки Вычегды на функционирование инфраструктурных объектов в границах города Сыктывкара. Региональные геосистемы, 49(2): 2 294–307. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-294-307 EDN: JEYUOK

## Impact of Channel Processes in the Vychegda River on Infrastructure Facilities Functioning in Syktyvkar

Alexander Yu. Borovlev, Ilona V. Denisova, Artyom D. Novikov

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University  
12 Petrozavodskaya St, Syktyvkar 167000, Russia  
machineboro@gmail.com, ilona4021@yandex.ru, artem.novikov.2001@mail.ru

**Abstract.** The natural course of the riverbed process is often a determining factor in the occurrence of natural environmental tension for the functioning of engineering structures and the population living within the river basin. Geological and geomorphological conditions and climatic factors determine the weak stability of the Vychegda riverbed, along the banks of which there are settlements with appropriate infrastructure and large timber industry enterprises playing an important role in the country's economy.

Research and forecast of the development of riverbed processes of the Vyчegda river in the area of Syktyvkar is important for ensuring the environmental safety of the territory, reducing and preventing economic damage due to adverse hydrological phenomena, ensuring the regular operation of engineering structures within the river valley, as well as comfortable living of the population. The authors used methods of extrapolation, comparative geographical analysis, and analysis of Earth remote sensing data for creating maps of the riverbed process development in the investigated area of the Vyчegda. As a result of the study, based on the maps obtained, industrial and social infrastructure objects and settlements were identified that are most susceptible to negative impacts from the natural course of riverbed deformations, and recommendations were made to reduce and prevent damage due to adverse hydrological phenomena and processes.

**Keywords:** riverbed process, riverbed deformations, the Vyчegda valley, extrapolation, environmental tension, unfavorable hydrological phenomena

**For citation:** Borovlev A.Yu., Denisova I.V., Novikov A.D. 2025. Impact of Channel Processes in the Vyчegda River on Infrastructure Facilities Functioning in Syktyvkar. Regional Geosystems, 49(2): 294–307 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-294-307 EDN: JEYUOK

## Введение

Экологическая напряженность интерпретируется в ракурсе природных и антропогенных аспектов. С позиции антропогенных факторов – это различные состояния окружающей природной среды, определяемые хозяйственной деятельностью, результаты которой приводят к изменениям экосистемы в целом и утрате ее свойств, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность и жизнеобеспечение человека. В контексте природных условий и явлений экологическая напряженность проявляется в негативном влиянии факторов окружающей природной среды на здоровье, хозяйственную деятельность и инфраструктурные объекты [Беркович и др., 2001; Денисова, 2006]. Среди природных факторов экологической напряженности важное место в структуре неблагоприятных гидрологических явлений и процессов на реках занимают плановые и вертикальные русловые деформации, подтопления территорий и наводнения [Доброумов, Тумановская, 2002; Жук и др., 2004].

Особенности геолого-геоморфологического строения долины Вычегды – преобладание рыхлых песчаных и супесчаных отложений – предопределили слабую устойчивость русла реки и обилие взвешенных наносов. В гидрологическом режиме четко выражена стадия весеннего половодья, что в сочетании с особенностями строения речной долины, является важной причиной подтопления прилегающих территорий, а также частого изменения положения русла [Ковалёв, 2023]. В результате незавершенного меандрирования речной поток способен трансформироваться так, что это может явиться причиной сбоя в работе многих инженерных объектов и опасности для проживания населения вследствие подтопления жилых домов, в частности, микрорайона Заречье г. Сыктывкара и поселка Седкыркеш.

Длина Вычегды составляет 1130 км, площадь бассейна – 121 тыс. км<sup>2</sup> [Атлас Республики Коми, 2011; Денисова, 2021]. Следовательно, средняя плотность населения в бассейне реки в пределах территории Республики Коми сравнительно низкая от 0,923 чел./км<sup>2</sup> до 4,968 чел./км<sup>2</sup>, однако для него типична концентрация в населенных пунктах, расположенных по берегам рек. Для Сыктывкара средняя плотность населения составляет 313,207 чел./км<sup>2</sup> [Федеральная служба государственной статистики РФ..., 2024]. Город Сыктывкар – столица Республики Коми – расположен у слияния рек Вычегды и Сысолы, имеет важное культурно-историческое значение, выполняет административно-хозяйственные функции, а также является одним из центров целлюлозно-бумажной промышленности и лесопромышленного комплекса страны. Расположение территории рассматриваемого участка реки в пределах подзоны средней тайги предопределяет его важность для промышленной лесозаготовки. Длительная, часто неконтролируемая выруб-

ка леса привела к изменению стока воды и наносов рек в сторону увеличения, а также более краткого и стремительного прохождения весеннего половодья [Беркович, 2010; Алфёров, Яковенко, 2015; Денисова, 2021].

В результате особенностей своего местоположения для г. Сыктывкара характерны подтопления территории в период весеннего половодья и паводков, вследствие естественного движения форм руслового рельефа и размыва берегов часто под угрозой находятся важные инфраструктурные сооружения, в частности, водозабор, мостовые переходы и другие важные объекты. Все эти процессы являются причиной возникновения экологической напряженности для территории, а, следовательно, – экономического ущерба [Геер и др., 2002]. Прогноз русловых деформаций на основании космоснимков должен стать важной составляющей мониторинга неблагоприятных гидрологических явлений и способствовать снижению и предотвращению экономического ущерба от них.

Целью исследования является анализ развития русловых процессов и движения форм руслового рельефа как факторов, определяющих функционирование инфраструктурных объектов на Вычегде в границах г. Сыктывкара, а также моделирование изменения русла реки с использованием ГИС-технологий для нивелирования и предотвращения экологической напряженности вследствие неблагоприятных гидрологических явлений.

Теоретическая значимость работы заключается в построении модели вероятностного развития русла Вычегды с использованием ГИС-систем. Основополагающими положениями для анализа явились работы ведущих специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова – Р.С. Чалова и А.В. Чернова. Практическая значимость работы состоит в разработке рекомендаций по прогнозу и минимизации риска вследствие негативного воздействия русловых процессов на функционирование инженерных объектов, обеспечении безопасности проживания населения, а также для предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций в пределах долины Вычегды для г. Сыктывкара. В дальнейших исследованиях предполагается детализация отдельных участков реки и увеличение объема данных для повышения точности моделирования.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования является участок долины реки Вычегды – от места впадения реки Локчим до устья реки Большой Тэг – протяженность которого около 97 км (рис. 1) [Перечень внутренних ..., 1969], а также расположенные на территории указанного участка инженерные сооружения. Выбор исследуемого участка реки обусловлен расположением в его пределах г. Сыктывкара – важного административного, хозяйственного и культурно-исторического центра. В районе г. Сыктывкара происходит слияние рек Сысолы и Вычегды (см. рис. 1), что может являться дополнительным фактором появления экологической напряженности вследствие неблагоприятных гидрологических процессов и подпорных явлений, учитывая, что Сысола является источником водоснабжения города. Анализ развития русловых процессов, происходящих на указанной территории, необходим для обеспечения безопасности функционирования инженерных сооружений в пределах речной долины, а также бесперебойной работы объектов транспортной инфраструктуры [Агеева и др., 2022].

Ключевым аспектом при пространственном анализе было совместное использование данных дистанционного зондирования Земли и архивных топографических карт масштаба 1:500 000. В качестве космоснимков была выбрана платформа *Landsat*, позволяющая проводить долговременный мониторинг динамики ландшафтов с 1975 года по настоящее время [Roy et al., 2014]. Пространственное разрешение спутниковых изображений – 30 метров на пиксель (15 метров в панхроматическом канале), что позволяет грамотно проводить визуальное дешифрирование ландшафтов. Еще одно важное преимущество этих данных – мультиспектральная структура растровых моделей, которая существенно повышает информативность спутникового изображения [Дунаева и др., 2015]. С ресурса *EarthExplorer* были скачаны и обработаны следующие сцены: снимок от 04.08.1975 (*Landsat*

1 MSS), снимок от 01.08.1990 (*Landsat 5 TM*), снимок от 04.08.2003 и от 29.07.2018 (*Landsat 7 ETM*), снимок от 11.08.2023 (*Landsat 9 OLI*) [EarthExplorer, 2024]. Все растровые модели были обработаны в полнофункциональной геоинформационной системе *Quantum GIS 3*.

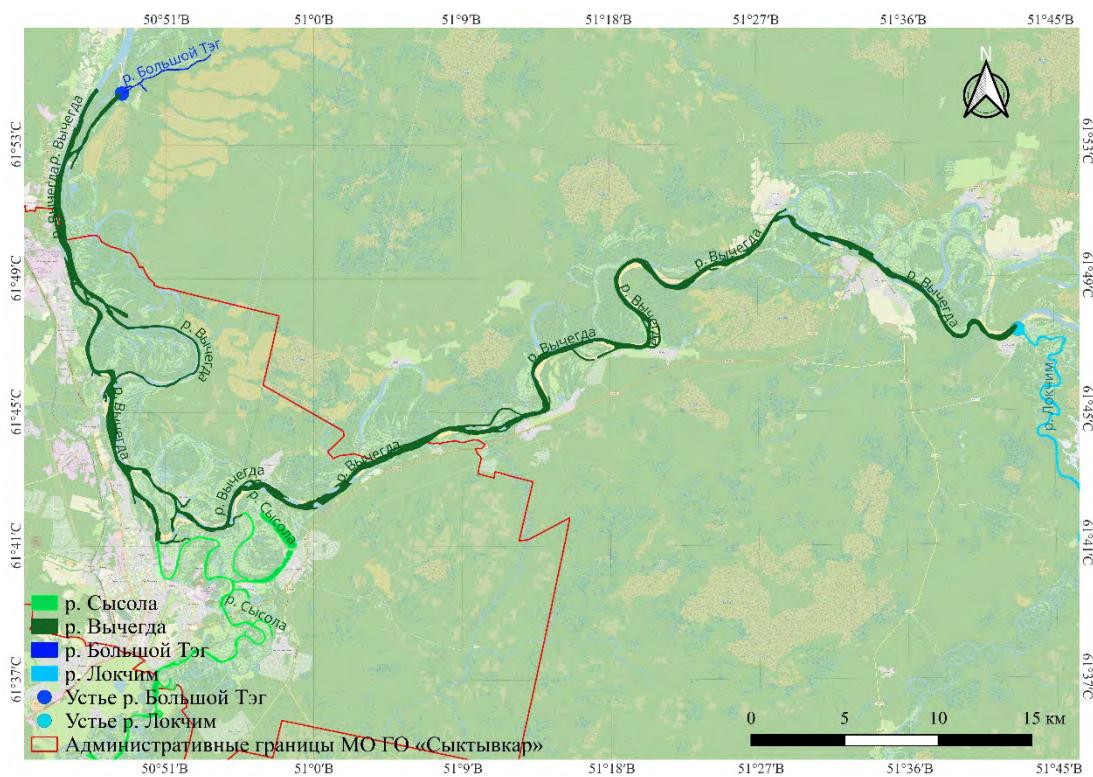


Рис. 1. Участок р. Вычегды от устья р. Локчим до устья р. Большой Тэг (подложка: Google Earth)

Fig. 1. The section of the Vychegda river from the mouth of the Lokchim River to the mouth of the Bolshoy Tag River (the substrate: Google Earth)

Исследование динамики изменений ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования Земли заключается в формировании набора спутниковых изображений разных лет, однако сезон и территория (сцена космоснимка) являются неизменными для каждого года. Такой подход, называемый мультивременным композитом, позволяет максимально корректно провести сравнительный анализ трансформации местности [Hansen et al., 2013].

На основе анализа космоснимков, мелкомасштабных и крупномасштабных карт за пятидесятилетний период времени были созданы карты изменения русловых деформаций Вычегды для исследуемого участка реки в целях прогноза изменений с помощью метода экстраполяции. Прогноз развития руслового процесса является важной составляющей мониторинга для предотвращения и нивелирования возможных неблагоприятных гидрологических явлений, которые представляют опасность штатному функционированию инженерных сооружений, с возможным экономическим ущербом [Рыбак, 2022; Алали, 2024].

Метод экстраполяции – математический подход, используемый для прогноза будущих изменений на основе анализа трендов и закономерностей, зафиксированных в прошлом [Михайлов, Мысливчик, 2020]. Указанный метод использовали для анализа развития русловых деформаций реки Вычегды за последние 50 лет.

Процесс создания карт изменения русловых деформаций р. Вычегды включал следующие этапы:

1) сбор и обработка данных: были собраны и обработаны данные о русловых деформациях Вычегды за период последних 50 лет, включая гипсометрические данные, информацию о плановых деформациях русла, а также необходимые гидрологические параметры;

2) анализ данных: полученные данные подверглись анализу методом экстраполяции для определения тенденций и закономерностей изменения русловых деформаций Вычегды [Пархоменко, Гоман, 2021];

3) определение модели: по результатам анализа данных была определена математическая модель, описывающая изменения русловых деформаций Вычегды за предыдущие годы;

4) экстраполяция: математическая модель использовалась для экстраполяции трендов и закономерностей изменений русловых деформаций Вычегды в будущем [Борщ и др., 2021];

5) создание карт: по результатам экстраполяции были построены прогностические карты изменения русловых деформаций Вычегды, отображающие будущие изменения;

6) интерпретация результатов: полученные карты были проанализированы и интерпретированы для определения возможных изменений деформаций русла Вычегды и их влияния на окружающую природную среду и инженерные объекты.

При построении карт развития русловых деформаций Вычегды использовался метод экстраполяции, что сделало возможным прогноз эволюции русла и определение соответствующих мероприятий для сохранения экологического баланса территории [Чалов, 2015], а также уменьшения экономического ущерба вследствие неблагоприятного проявления естественного развития русловых процессов. Теоретическим фундаментом для работы явились основы гидролого-морфологического подхода к исследованиям русловых процессов и сравнительно-географический метод. Гидролого-морфологический подход, разработанный в ГГИ, анализирует русевой процесс в ракурсе его структурности и дискретности, а также учитывает типизацию русловых процессов. К основным детерминантам относятся сток воды, наносов и ограничивающие условия – общее падение речной долины, местные базисы эрозии, выход неразмываемых горных пород, наличие базального слоя и другие. Гидротехнические сооружения обусловливают необходимость учета их воздействия на русловые процессы [Шикломанов, 1995; Шахов, Черняк, 2000; Снищенко и др., 2004] и обратно – влияние русловых процессов на функционирования инженерных объектов.

Сравнительно-географический (сравнительно-морфологический) метод не требует знания составляющих баланса наносов, выяснения механизма переформирований и позволяет получить результат, минуя рассмотрение промежуточных этапов переформирования русел, в отличие от гидродинамических методов [Денисова, 2006].

## Результаты и их обсуждение

Территория участка Вычегды от устья Локчима до устья Большого Тэга представлена пластово-денудационными субгоризонтальными возвышенными ярусными равнинами, расчлененными реками и другими водотоками. Для большей части местности характерны высоты более 150 м, лишь левобережный участок от Сыктывкара до устья Большого Тэга представлен высотами менее 150 м. Абсолютные высоты местности находятся в пределах 40–200 м [Атлас Республики Коми, 2011].

Основные руслообразующие факторы – сток воды и наносов – обусловлены в первую очередь геолого-геоморфологическим строением территории и климатом. Долина реки исследуемого участка представлена в основном рыхлыми отложениями – песками, песчаниками, глинами и суглинками, что является типичным для всего речного бассейна. Для начала участка от устья Локчима до Корткероса типичны алевриты, глинистые алевриты, диатомиты, пески и суглинки с сильно выветренной галькой и щебнем. Для остальной части исследуемой территории характерны глины, алевриты, пески, песчаники, гравелиты и конгломераты. Геологическое строение является определяющим фактором слабой устойчивости русла.

Территория расположена в подзоне подзолистых почв средней тайги, Онежо-Двинской провинции подзолистых и болотно-подзолистых почв. От устья Локчима и примерно до г. Сыктывкара участок относится к Вымь-Вычегодскому округу подзолов торфянисто-глеевых иллювиально-гумусовых, торфянисто- и торфяно-подзолисто-

глеевых песчаных и супесчаных почв на маломощных флювиогляциальных отложениях, подстилаемых моренными суглинками, с участием подзолов иллювиально-железистых на древнеаллювиальных песках. Остальная территория до устья Большого Тэга приурочена к Сысола-Вычегодскому округу подзолистых и торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевых суглинистых почв на моренных отложениях.

Климат территории обусловлен расположением речного бассейна в умеренном поясе европейской части России. Ведущие климатообразующие факторы: малое количество солнечной радиации зимой; западный перенос воздушных масс; круглогодичное воздействие со стороны северных морей. Среднемесячная температура июля составляет  $+16^{\circ}\text{C}$ , января  $-15^{\circ}\text{C}$ . Переход среднесуточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  происходит в пределах 21 октября осенью и 11 апреля весной. За год в среднем 27 % атмосферных осадков выпадает в виде снега, 55 % – в виде дождя, 12 % составляют смешанные осадки. Годовое количество осадков – 600–700 мм. В процессе годового хода величина осадков превышает испаряемость, коэффициент увлажнения превышает единицу [Денисова, 2006; Атлас Республики Коми, 2011]. Потепление климата в настоящее время приводит к усилению циклонической деятельности в Северном полушарии [Барышников и др., 2006], что влияет на изменения гидрологического режима рек – более ранние даты наступления весеннего половодья и более поздние осеннего ледостава. Осенние ледовые явления на Вычегде начинаются около 20 октября в начале исследуемого участка и около 25 октября от Сыктывкара. Весенний ледоход в среднем начинается 25 апреля. Средняя многолетняя продолжительность ледовых явлений – 190–200 дней.

Вследствие избыточного увлажнения, а также геолого-тектонических и геологогеоморфологических особенностей строения для территории бассейна Вычегды характерна густая гидрографическая сеть. Согласно гидрологическому районированию, он относится к Вычегодско-Мезенскому округу, для которого густота гидрографической сети составляет  $0,3\text{--}1,1 \text{ км}/\text{км}^2$ , заболоченность – 5–10 %. Густота речной сети исследуемого участка располагается в диапазоне  $0,8\text{--}0,9 \text{ км}/\text{км}^2$  [Атлас Республики Коми, 2011].

По типу руслового процесса Вычегда и нижнее течение Сысолы относятся к рекам с незавершенным меандрированием. Русла рек слабоустойчивые, число Лохтина для Вычегды составляет 2,5; коэффициент извилистости – от 1 до 2. В речных долинах развита сегментно-гривистая и параллельно-гривистая пойма. Для отрезка Вычегды от устья Локчима до устья Большого Тэга, а также устьевого участка Сысолы типичным является повышенное поступление в русла песка с надпойменных террас. Сток взвешенных наносов в среднем составляет 1,43 млн т/год, мутность – 50–100 г/м<sup>3</sup>. Наличие перекатных участков на Вычегде выше г. Сыктывкара способствует образованию ледовых заторов в периоды ледохода [Карта реки Вычегда..., 1982, 1992, Карта Русловые процессы..., 1990; Атлас Республики Коми, 2011].

Средний годовой слой стока составляет 300–350 мм. Основными источниками питания являются талые снеговые воды, дожди теплого периода года и подземные воды. Вычегда относится к рекам с преобладающим снеговым питанием, составляющим 43–48 % годового стока. Значительную часть своего стока, составляющего в среднем 150 мм, река сбрасывает в период затяжного высокого весеннего половодья, в этот же период наблюдаются и максимальные расходы воды (табл. 1). Затяжное половодье предопределяют высокая залесенность территории – 95 %, и «возвраты холодов» в период весеннего снеготаяния. Доля дождевого питания составляет 22 % годового стока, на питание подземными водами приходится 27 %. Средний минимальный сток в летне-осенний период составляет 3–5 л/с км<sup>2</sup> [Ресурсы поверхностных вод..., 1972; Денисова, 2006, 2021].

Высокие уровни воды весной наблюдаются от двух до десяти дней, далее происходит равномерный спад. При прохождении половодья для реки характерны ледовые заторы, обусловливающие подтопление территории. Также в период весеннего половодья активизируются процессы размыва и движения руслового аллювия. Это наносит ущерб объ-

ектам производственной и транспортной инфраструктуры, а также жилым постройкам близ реки [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1972; Атлас Республики Коми, 2011; Денисова, 2021]. Для предотвращения и снижения экономического ущерба вследствие неблагоприятных гидрологических процессов необходимо тщательное исследование и прогнозирование развития русловых деформаций, а также движения форм руслового рельефа для исследуемого участка Вычегды. Для этого была построена карта прогноза развития русла.

Таблица 1  
 Table 1

Максимальные расходы воды половодий  
 Maximum water consumption of high water

Река – пункт	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Период наблюдений		Расходы за период наблюдений		За многолетний период	
		годы	Число лет	наибольший	средний	Q, м <sup>3</sup> /с	q, л/с·км <sup>2</sup>
				Q, м <sup>3</sup> /с	год		
Вычегда – г. Сыктывкар	66900	1924 – 1966	43	6670	1929	4050	4160
							62,2

В процессе переформирования руслового рельефа существует вероятность повреждения следующих коммуникаций: дорог и мостов, проходящих через реку или вдоль ее берегов; трубопроводного транспорта; линий электропередачи и связи, проходящих через реку или вдоль ее берегов; объектов коммунальной инфраструктуры населенных пунктов, расположенных вдоль реки (рис. 2) [Чалов и др., 2021].

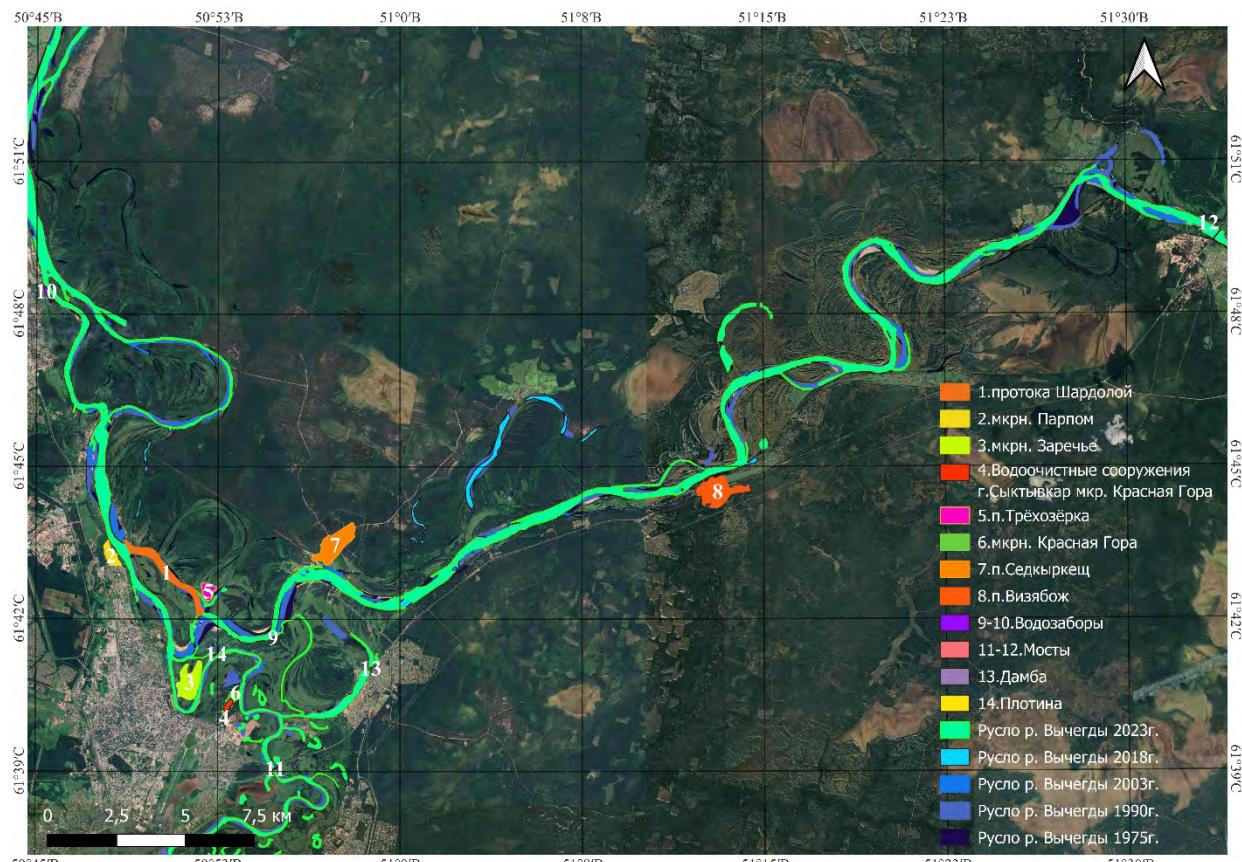


Рис. 2. Изменение русла р. Вычегды в период с 1975 по 2023 г. (подложка: Google Earth)  
 Fig. 2. Changes in the Vychegda riverbed from 1975 to 2023 (base layer: Google Earth)

Согласно составленной прогностической карте русловых переформирований (рис. 3), возможно выявить зоны потенциального риска – населенные пункты и инфраструктурные сооружения, которые будут подвергаться опасности вследствие неблагоприятных гидрологических явлений в будущем.

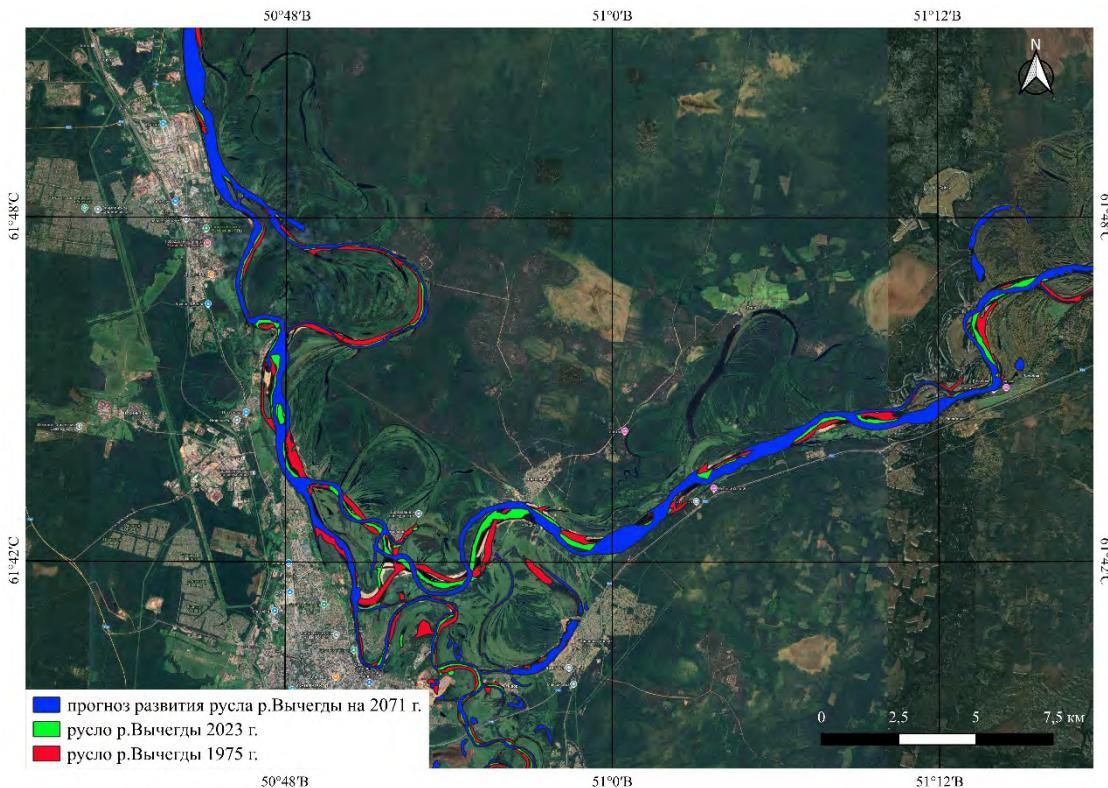


Рис. 3. Прогноз развития русла р. Вычегды на 2071 год (подложка: Google Earth)

Fig. 3. The forecast of the development of the Vychegda riverbed for 2071 (base layer: Google Earth)

1. Поселок Визябож, где существует риск для функционирования грунтовой дороги. Ведущими причинами подмыва берега и размыва дороги будут являться эрозия левого берега реки, а также повышения уровня воды вследствие высоких половодий и паводков. Мерами для предотвращения подмыва берега и защиты дороги могут являться берегоукрепление с помощью железобетонных конструкций или каменной наброски, а также создание защитной дамбы для предотвращения эрозии берега.

2. Поселок Седкыркеш, где размыв берегов способен нанести серьезный ущерб ул. Уральской. Одна из причин размыва берегов – гидравлическое действие: воздействие потока воды на берег может привести к размыву почвенных горизонтов и обрушению берега. Это особенно актуально, поскольку указанная улица расположена в излучине реки. Второй причиной являются рыхлые песчаные грунты [Буравская и др., 2012]. Превентивными мероприятиями по устранению размыва берега будут являться стабилизация русла, которая осуществляется при помощи установки подпорных стен, габионов или облицовки; посадка древесной, кустарниковой и травянистой растительности, способствующей предотвращению эрозии берегов; проведение дноуглубления [Денисова, 2006].

3. Водозабор, г. Сыктывкар в микрорайоне Красная Гора, расположенный на левом берегу Сысолы близ ее устья. К основным причинам подмыва берега и повреждения водозабора относятся:

- эрозия берега реки из-за сильного течения воды и образования перекатов;
- повреждение или разрушение трубопроводов и оборудования водозабора вследствие сильного течения воды и турбулентности;

- сокращение срока эксплуатации водозабора из-за постоянного воздействия турбулентного течения воды;
- геологическая нестабильность берега, которая способна привести к обвалам и ссыпям;
- строительство водозабора без надлежащего берегоукрепления;
- ошибки при проектировании и строительстве водозабора, не учитывавшие естественный ход течения реки и образование перекатных участков.

К превентивным мерам ликвидации экологической напряженности со стороны подмыва берега следует отнести:

- укрепление берега реки с помощью железобетонных конструкций или каменной наброски;
- создание защитной дамбы, предотвращающей эрозию берега и направление воды в сторону от водозабора;
- рекомендацию переноса водозабора на более безопасное расстояние от берега;
- мониторинг уровней воды в реке и своевременное информирование о возможных наводнениях и образовании перекатов;
- создание системы дренажа для отвода воды из-под водозабора и предотвращения размыва;
- регулярное обслуживание и своевременный ремонт водозабора;
- использование современных доступных технологий – искусственных противоэрозионных сооружений или геосинтетических материалов для берегоукрепления и защиты водозабора [Виноградова, Иванова, 2020; Селезнева и др., 2020].

4. Микрорайон Заречье г. Сыктывкара, расположенный в излучине Сысолы в устьевом участке по левобережью Вычегды, улицы Луговая и Судоходная. Ведущие причины повреждений улиц Судоходной и Луговой – переформирование русла Вычегды после прорыва дамбы, что может привести к изменению направления течения воды и увеличению ее скорости; гидравлический удар со стороны Вычегды, способный вызвать эрозию берега и размытие улицы Луговой; резкие подъемы уровней воды в период весеннего половодья и паводков.

Мерами по устранению подмыва берега могут явиться укрепление левого берега Вычегды с помощью железобетонных конструкций или каменной наброски; создание защитной дамбы или вала для предотвращения эрозии берега и направления воды в сторону от улиц Судоходной и Луговой; по возможности – перенос строений с улицы Судоходной на более безопасное расстояние от берега при соответствующем экономическом обосновании; мониторинг критических уровней воды в реке; создание современной дренажной системы.

5. Дамба, находящаяся между Сысолой и Вычегдой. Причины возможного повреждения или разрушения дамбы: естественные гидрологические процессы сезонного колебания уровня воды, эрозия и отложение осадков; недостаточное или ненадлежащее техническое обслуживание, способное привести к ослаблению дамбы и ее разрушению; резкие повышения уровней воды вследствие высокого половодья или паводков из-за ливневых дождей. Основной мерой для устранения и предотвращения экологической напряженности является регулярное обслуживание и ремонт дамбы.

6. Прибрежная зона поселка Трехозерка в составе г. Сыктывкара. Причины повреждений прибрежных строений в поселке Трехозерка: изменение положения русла Вычегды; эрозия правого берега, а также его геологическая нестабильность, способные вызвать обвалы и ссыпи, которые могут повредить прибрежные строения; повышения уровней воды вследствие высокого половодья или паводков.

Превентивными мерами для устранения подмыва берега и защиты прибрежных сооружений в поселке Трехозерка будут являться берегоукрепление с помощью железобетонных конструкций или каменной наброски; возможный перенос металлических ангаров складского назначения на более безопасное расстояние от берега; мониторинг уровней

воды в реке; создание системы дренажа для отвода воды из-под прибрежных строений и предотвращения размыва.

7. Микрорайон Парпом на левом берегу р. Вычегды, г. Сыктывкар, улица проезд Геологов в районе действующей паромной переправы. Причинами повреждений прибрежных строений могут явиться гидравлический удар протоки Шардолой, который может вызвать эрозию берега и повреждение прибрежных строений; подъемы воды в фазы половодья и паводков.

Мерами предотвращения подмыва берега и защиты прибрежных строений будут укрепление берега протоки Шардолой с помощью железобетонных конструкций или каменной наброски; создание защитной дамбы или вала; возможный перенос прибрежных строений при должном экономическом обосновании; мониторинг уровней воды в протоке; создание системы дренажа.

## Заключение

Причинами экологической напряженности для исследуемой территории остаются природные факторы: размыв берегов, изменение положения русла, движение форм руслового рельефа, подтопление водами весеннего половодья. Создание карт прогноза русловых переформирований р. Вычегды на участке устье Локчима – устье Большого Тэга создает возможность для контроля проведения мониторинга появления экологической напряженности вследствие природного хода русловых процессов, а также снижения и предотвращения негативных последствий в работе инженерных сооружений с помощью ГИС-систем, способствуя, в том числе, уменьшению экономического ущерба вследствие неблагоприятных гидрологических процессов и явлений. На основании полученных карт возможно более детальное изучение эволюции русловых процессов и движения форм руслового рельефа участка; установление корреляции между развитием русловых процессов, движением форм руслового рельефа и функционированием объектов инфраструктуры; получение результатов моделирования русловых процессов с использованием ГИС-систем; выявление локализации мест, опасных для инженерных конструкций, наиболее подверженных риску вследствие неблагоприятного развития русловых процессов, опасных для инфраструктурных объектов. Созданные карты также могут быть полезными для планирования хозяйственной деятельности: в ближайшем будущем предполагается возрождение речного судоходства на европейском Северо-Востоке РФ. Без рационального проектирования гидротехнических работ, в частности, дноуглубления и выпрямления русел, это не представляется возможным.

## Список источников

- Атлас Республики Коми. 2011. М., Феория, 448 с.
- Карта реки Вычегда от г. Сыктывкар до устья. 1982. Министерство речного флота РСФСР. Северное БУП, 441: Лист 30–31.
- Карта реки Вычегда от г. Сыктывкар до устья. 1992. Российский государственный концерн речного флота (Росречфлот). Главводпуть. Гос. предприятие «Водные пути Северного бассейна», 260: Лист 32–35.
- Карта «Русловые процессы на реках СССР». 1990. Карты: 1:4 000 000, 40 км в 1 см. отв. ред. Т.Г. Сваткова. Москва, Государственное управление геодезии и картографии.
- Перечень внутренних водных путей, эксплуатируемых Министерством речного флота РСФСР. 1969. Москва, Изд-во «Транспорт».
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 3 том (Северный край). 1972. Лен., Гидрометеоиздат, 418 с.
- Федеральная служба государственной статистики РФ, «Численность населения по муниципальным образованиям Республики Коми по полу и возрасту на 1 января 2024 года». Электронный ресурс. URL: <https://11.rosstat.gov.ru/population?ysclid=m6dz6hs4458877> (дата обращения: 26.01.2025).
- EartExplorer. Electronic resource. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (date of access: 13.04.2025).

## Список литературы

- Агеева В.В., Люкина Е.А., Матюгин М.А. 2022. Мероприятия по снижению негативного воздействия на гидрологические и судоходные условия реки при разработке руслового карьера выпрямительными сооружениями. Научные проблемы водного транспорта, 71(2): 199–212. <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.257>
- Алали Х. 2024. Геоинформационные системы в исследовании гидрологических характеристик рек и озер. Журнал передовых исследований в области технических наук, 44: 34–36. <https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-44-34-36>
- Алфёров И.Н., Яковенко Н.В. 2015. Измененность русла бассейна реки Урал под антропогенным воздействием. Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева, 2(24): 126–133.
- Барышников Н.Б., Польцина Е.В., Кузнецова Е.Н. 2006. Антропогенное воздействие на пойменные процессы. В кн.: Пойма и пойменные процессы. СПб., Российский государственный гидрометеорологический университет: 39–47.
- Беркович К.М. 2010. Направленные антропогенные деформации русел равнинных рек. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2(6): 52–55.
- Беркович К.М., Чалов Р.С., Злотина Л.В., Чернов А.В. 2001. Принципы и методы оценки и районирования России по экологической напряженности русел и пойм рек. Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Русловедение и гидроэкология, 7: 50–59.
- Борщ С.В., Колий В.М., Семенова Н.К., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. 2021. Возможность прогнозирования стока рек России методом экстраполяции гидрографа в зависимости от характеристик их водосборов. Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 3(381): 115–130. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-3-115-130>
- Буравская М.Н., Голубева Ю.В., Марченко-Вагапова Т.И. 2012. Расчленение старицных отложений в обнажении Седкыркеш (среднее течение р. Вычегды) по результатам комплексного анализа. Известия Коми научного центра УрО РАН, 2(10): 84–97.
- Виноградова Л.И., Иванова О.И. 2020. Способы применения берегозащитных конструкций в гидротехническом и гидромелиоративном строительстве. Международный сельскохозяйственный журнал, 63(6): 10–16. <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10227>
- Геер В., Карлиз Дж., Неррл Т., Брукс К., Митина Н.Н. 2002. Влияние характеристик русла на устойчивость речных берегов при катастрофическом паводке. Аридные экосистемы, 8(16): 40–46.
- Денисова И.В. 2006. Экологическое состояние Велико-Устюгского и Котласского водных узлов (русской аспект). Дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 170 с.
- Денисова И.В. 2021. Проблемы выделения границ водоохраных зон Вычегды от г. Сыктывкара до устья. Региональные геосистемы, 45(4): 590–600. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-4-590-600>
- Денисова И.В. 2021. Факторы экологической напряженности нижнего и среднего течения Вычегды в контексте руслового аспекта. Астраханский вестник экологического образования, 3(63): 24–36. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-3-24-36>
- Доброумов Б.М., Тумановская С.М. 2002. Наводнения на реках России: их формирование и районирование. Метеорология и гидрология, 12: 70–78.
- Дунаева Е.А., Попович В.Ф., Ляшевский В.И. 2015. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моделей. Мелиорация и гидротехника, 1(17): 127–141.
- Жук В.А., Фролова Н.Л., Широкова В.А. 2004. Катастрофические наводнения на р. Сухона у г. Великий Устюг: причины, прогнозирование, возможность защиты. В кн.: VI всероссийский гидрологический съезд. Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда, Санкт-Петербург, 28 сентября – 01 октября 2004. СПб., Гидрометеоиздат: 218–222.
- Ковалёв С.Н. 2023. Влияние эрозионно-русловых систем на инфраструктуру населенных пунктов европейской части России. Географический вестник, 2(65): 49–61. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-2-49-61>
- Михайлов В.И., Мыслевич Е.Ю. 2020. Картографическая экстраполяция как метод прогнозирования природных явлений и процессов. Наука и техника, 19(5): 407–412. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-407-412>

- Пархоменко Н.А., Гоман В.А. 2021. Мониторинг изменения русла рек Западной Сибири с использованием результатов дистанционного зондирования. Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ, 2(25): 7–14.
- Рыбак В.А. 2022. Технология мониторинга русловых процессов и гидрологического режима рек с использованием данных дистанционного зондирования Земли. В кн.: Актуальные вопросы и векторы развития современной науки и технологий. Петрозаводск, Международный центр научного партнерства «Новая Наука»: 23–61.
- Селезнева Н.В., Колосов М.А., Боровков С.В. 2020. Инженерная защита берегов и населенных пунктов от негативного воздействия вод. Гидротехника, 3(60): 63–67.
- Снищенко Б.Ф., Дебольский В.К., Чалов Р.С., Гладков Г.Л., Кузнецов М.С. 2004. Проблемы изучения и мониторинга руслового процесса, эрозии и стока наносов для обеспечения современных потребностей экономики. В кн.: VI Всероссийский гидрологический съезд. Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда. Пленарное заседание, Санкт-Петербург, 28 сентября – 1 октября 2004. СПб., Гидрометеоиздат: 42–47.
- Чалов Р.С. 2015. О прогнозах русловых деформаций. Геоморфология, 4: 20–30. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2015-4-20-30>
- Чалов Р.С., Чернов А.В., Михайлова Н.М. 2021. Опасность русловых процессов на реках России: критерии оценки, картографирование, региональный анализ. Географический вестник, 1(56): 53–67. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-53-67>
- Шахов И.С., Черняк В.Я. 2000. Экологические ограничения использования рек. Мелиорация и водное хозяйство, 2: 37–38.
- Шикломанов И.А., Георгиевский В.Ю. 1995. Влияние антропогенных факторов на сток рек бывшего СССР. Географические направления в гидрологии: 96–107.
- Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. 2013. High-Resolution Global Maps of 21-st-Century Forest Cover Change. Science, 342(6160): 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244>
- Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R., Woodcock C.E., Allen R.G., Anderson M.C., Helder D., Irons J.R., Johnson D.M., Kennedy R., Scambos T.A., Schaaf C.B., Schott J.R., Sheng Y., Vermote E.F., Belward A.S., Bindschadler R., Cohen W.B., Gao F., Hipple J.D., Hostert P., Huntington J., Justice C.O., Kilic A., Kovalsky V., Lee Z.P., Lymburner L., Masek J.G., McCorkel J., Shuai Y., Trezza R., Vogelmann J., Wynne R.H., Zhu Z. 2014. Landsat-8: Science and Product Vision for Terrestrial Global Change Research. Remote Sensing of Environment, 145: 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>

## References

- Ageeva V.V., Lyukina E.A., Matyugin M.A. 2022. Measures to Reduce the Negative Impact on the Hydrological and Navigational Conditions of the River During the Development of a Channel Quarry by Correctional Facilities. Russian Journal of Water Transport, 71(2): 199–212 (in Russian). <https://doi.org/10.37890/jwt.vi71.257>
- Alali H. 2024. Geoinformation Systems in the Study of Hydrological Characteristics of Rivers and Lakes. Journal of Advanced Research in Technical Science, 44: 34–36 (in Russian). <https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-44-34-36>
- Alferov I.N., Yakovenko N.V. 2015. Modifications of Ural River Basin Channels Under Anthropogenic Impact. Vestnik of Volzhsky University named after V.N. Tatishchev, 2(24): 126–133 (in Russian).
- Baryshnikov N.B., Pol'cina E.V., Kuznecova E.N. 2006. Antropogennoe vozdejstvie na pojmennye process [Anthropogenic Impact on Floodplain Processes]. In: Pojma i pojmennye process [Floodplain and Floodplain Processes]. St. Petersburg, Publ. Rossiyskiy gosudarstvennyy gidrometeorologicheskiy universitet: 39–47.
- Berkovich K.M. 2010. Napravlennye antropogennye deformacii rusel ravninnyh rek [Directional Anthropogenic Channel Deformations of Lowland Rivers]. Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova, 2(6): 52–55.
- Berkovich K.M., Chalov R.S., Zlotina L.V., Chernov A.V. 2001. Principy i metody ocenki i rajonirovaniya Rossii po ekologicheskoy napryazhennosti rusel i pojmen rek [Principles and Methods of Assessment and

- Zoning of Russia According to the Ecological Tension of Riverbeds and Floodplains]. Trudy Akademii problem vodohozyajstvennyh nauk. Ruslovedenie i gidroekologiya, 7: 50–59.
- Borsch S.V., Koliy V.M., Semenova N.K., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V. 2021. Assessment of Runoff Predictability for the Russian Rivers Depending on their Catchment Characteristics by the Hydrograph Extrapolation Method. Hydrometeorological Research and Forecasting, 3(381): 115–130 (in Russian). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2021-3-115-130>
- Buravskaya M.N., Golubeva Yu.V., Marchenko-Vagapova T.I. 2012. Separation of Holocene Sediments at the Sedkyrkeshch Section (the Middle Vychegda River) Based on Integrated Analysis. Processing of the Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 2(10): 84–97 (in Russian).
- Vinogradova L.I., Ivanova O.I. 2020. Methods of Application of Coastal Protection Structures in Hydrotechnical and Hydro-Reclamation Construction. International agricultural journal, 63(6): 10–16 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10227>
- Geyer W., Carlisle J., Neppl T., Brooks K., Mitina N. 2002. Stream Characteristics Affecting Bank Stability During a Major Flooding Event. Arid ecosystems, 8(16): 40–46.
- Denisova I.V. 2006. Ekologicheskoe sostoyanie Veliko-Ustyugskogo i Kotlasskogo vodnyh uzlov (ruslovoj aspekt) [Environmental Status of the Veliko-Ustyug and Kotlas Water Junctions (Riverbed Aspect)]. Dis. ... cand. geogr. sciences. St. Petersburg, 170 p.
- Denisova I.V. 2021. Problems of Allocation of Borders of Water Protection Areas of Vychegda River from Syktyvkar City to the Mouth. Regional Geosystems, 45(4): 590–600 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-4-590-600>
- Denisova I.V. 2021 Factors of Ecological Tension of the Lower and Middle Reaches of the Vychegda in the Context of the Channel Aspect. Astrakhan Bulletin for Environmental Education, 3(63): 24–36 (in Russian). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-3-24-36>
- Dobroumov B.M., Tumanovskaya S.M. 2002. Navodneniya na rekah Rossii: ih formirovanie i razonirovanie [Floods on Russian Rivers: their Formation and Zoning]. Meteorologiya i gidrologiya, 12: 70–78.
- Dunaieva E.A., Popovych V.F., Lyshevskiy V.I. 2015. Dynamics Analysis of Quantitive and Qualitative Sharacteristecs of Water Resources Using Open GIS and Agro-Hydrological Models. Melioraciya i gidrotehnika, 1(17): 127–141 (in Russian).
- Zhuk V.A., Frolova N.L., Shirokova V.A. 2004. Katastroficheskie navodneniya na r.Suhona u g.Velikij Ustyug: prichiny, prognozirovaniye, vozmozhnost' zashchity [Catastrophic Floods on the Sukhona River Near Veliky Ustyug: Causes, Forecasting, Possibility of Protection]. In: VI vserossiyskiy hidrologicheskiy syezd [VI All-Russian Hydrological Congress]. Abstracts of the reports of the VI All-Russian Hydrological Congress, St. Petersburg, 28 September – 1 October 2004. St. Petersburg, Pabl. Gidrometeoizdat: 218–222
- Kovalev S.N. 2023. The Impact of Erosion-Channel Systems on the Infrastructure of Settlements in the European Part of Russia. Geographical Bulletin, 2(65): 49–61 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-2-49-61>
- Mikhailov V.I., Myslivchik E.Yu. 2020. Cartographic Extrapolation as Method for Forecasting Natural Phenomena and Processes. Science and Technique, 19(5): 407–412 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-407-412>
- Parkhomenko N.A., Goman V.A. 2021. Monitoring of Changes in the Riverbed of Western Siberia Using Remote Sensing Results. Elektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU, 2(25): 7–14 (in Russian).
- Rybak V.A. 2022. Technology for Monitoring Runner Processes and Hydrological Regime of Rivers Using Earth Remote Sensing Data. In: Current Issues and Vectors of Development of Modern Science and Technology. Petrozavodsk, Pabl. Mezhdunarodnyy tsentr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka»: 23–61 (in Russian).
- Selezneva N.V., Kolosov M.A., Borovkov S.V. 2020. Engineering Protection of Banks and Settlements from Negative Impact of Flooding. The Hydrotechnika, 3(60): 63–67 (in Russian).
- Snishchenko B.F., Debolskiy V.K., Chalov R.S., Gladkov G.L., Kuznetsov M.S. 2004. Problemy izucheniya i monitoringa ruslovogo processa, erozii i stoka nanosov dlya obespecheniya sovremenennyh potrebnostej ekonomiki [Problems of Studying and Monitoring the Riverbed Process, Erosion and Sediment Runoff to Meet Modern Economic Needs]. In: VI Vserossiyskiy

- gidrologicheskiy syezd [VI All-Russian Hydrological Congress]. Abstracts of the reports of the VI All-Russian Hydrological Congress. Plenary session, St. Petersburg, 28 September – 1 October 2004. St. Petersburg, Pabl. Gidrometeoizdat: 42–47.
- Chalov R.S. 2015. On the Channel Deformations Forecasting. Geomorfologiya, 4: 20–30 (in Russian). <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2015-4-20-30>
- Chalov R.S., Chernov A.V., Mihajlova N.M. 2021. Danger of Riverbed Processes on Russian Rivers: Assessment Criteria, Mapping, Regional Analysis. Geographical Bulletin, 1(56): 53–67 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-53-67>
- Shahov I.S., Chernyak V.YA. 2000. Ekologicheskie ograniceniya ispol'zovaniya rek [Environmental restrictions on the use of rivers]. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo, 2: 37–38.
- Shiklomanov I.A., Georgievskij V.Yu. 1995. Vliyanie antropogennyh faktorov na stok rek byvshego SSSR [The Influence of Anthropogenic Factors on the Flow of Rivers of the Former USSR]. Geograficheskie napravleniya v hidrologii: 96–107.
- Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. 2013. High-Resolution Global Maps of 21-st-Century Forest Cover Change. Science, 342(6160): 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244>
- Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R., Woodcock C.E., Allen R.G., Anderson M.C., Helder D., Irons J.R., Johnson D.M., Kennedy R., Scambos T.A., Schaaf C.B., Schott J.R., Sheng Y., Vermote E.F., Belward A.S., Bindschadler R., Cohen W.B., Gao F., Hippel J.D., Hostert P., Huntington J., Justice C.O., Kilic A., Kovalskyy V., Lee Z.P., Lymburner L., Masek J.G., McCorkel J., Shuai Y., Trezza R., Vogelmann J., Wynne R.H., Zhu Z. 2014. Landsat-8: Science and Product Vision for Terrestrial Global Change Research. Remote Sensing of Environment, 145: 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>

Поступила в редакцию 21.02.2025;  
поступила после рецензирования 23.03.2025;  
принята к публикации 10.05.2025

Received February 21, 2025;  
Revised March 23, 2025;  
Accepted May 10, 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

**Боровлев Александр Юрьевич**, старший преподаватель кафедры экологии и геологии Института естественных наук, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Россия

**Денисова Илона Владимировна**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экологии и геологии Института естественных наук, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Россия

**Новиков Артем Дмитриевич**, магистрант кафедры экологии и геологии Института естественных наук, Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alexander Yu. Borovlev**, Senior Lecturer of the Department of Ecology and Geology, Institute of Natural Sciences, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

**Ilona V. Denisova**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Geology, Institute of Natural Sciences, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

**Artyom D. Novikov**, Master's student of the Department of Ecology and Geology, Institute of Natural Sciences, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

УДК 551.464.617 (262.81)  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-308-318  
EDN MHDPPVA

## Азот в поровых водах донных отложений Северного Каспия

<sup>1</sup>Дегтярева Л.В., <sup>2</sup>Попова Н.В., <sup>3</sup>Азизов Э.Р.

<sup>1</sup>Каспийский морской научно-исследовательский центр  
Россия, 414045, г. Астрахань, ул. Ширяева, 14

<sup>2</sup>Каспийская нефтяная компания  
Россия, 414014, г. Астрахань, пр. Губернатора Анатолия Гужвина, 10  
<sup>3</sup>ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть

Россия, 414000, г. Астрахань, ул. Адмиралтейская, 1, к. 2  
dlgru@mail.ru, popovanv@caspoil.com, eldar.azizov@lukoil.com

**Аннотация.** Работа проведена с целью изучения особенностей накопления минерального (аммонийного, нитритного и нитратного) и органического азота в поровых водах донных отложений Северного Каспия при различных окислительно-восстановительных условиях. Установлено, что зоной аккумуляции нитритов и нитратов в поровых водах донных отложений является область со сложившейся в грунтах восстановительной обстановкой, аммонийного и органического азота – в переходных условиях; минерального азота – в окислительных условиях. Статистический анализ показал, что в разных окислительно-восстановительных условиях концентрация минеральных и органической форм азота зависит от различных гидрохимических параметров. Основными факторами являются содержание растворенного органического вещества, Eh придонного слоя воды, pH и Eh поровых вод донных отложений.

**Ключевые слова:** Северный Каспий, азот, поровые воды донных отложений, окислительно-восстановительный потенциал, водородный показатель

**Для цитирования:** Дегтярева Л.В., Попова Н.В., Азизов Э.Р. 2025. Азот в поровых водах донных отложений Северного Каспия. Региональные геосистемы, 49(2): 308–318. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-308-318 EDN: MHDPPVA

## Nitrogen in the Pore Waters of the Northern Caspian Bottom Sediments

<sup>1</sup>Larisa V. Degtyareva, <sup>2</sup>Natalia V. Popova, <sup>3</sup>Eldar R. Azizov

<sup>1</sup>Caspian Marine Research Center  
14 Shiryaev St, Astrakhan 414045, Russia

<sup>2</sup>Caspian Oil Company  
10 Governor Anatoly Gujwin Av, Astrakhan 414014, Russia  
<sup>3</sup>LUKOIL-Nizhnevолжскнефть

1 Admiralteyskaya St, building 2, Astrakhan 414000, Russia  
dlgru@mail.ru, popovanv@caspoil.com, eldar.azizov@lukoil.com

**Abstract.** The paper is focused on the peculiarities of accumulation of mineral nitrogen (ammonium, nitrite and nitrate) and organic nitrogen in pore waters of bottom sediments in the western part of the Northern Caspian under various oxidative-reducing conditions. The bottom sediments of the studied area are represented by shells, sands, and silts. Oxidative conditions developed in the bottom sediments on a larger area of water. The pH values of pore water of bottom sediments were sufficiently uniform. It was found that the share of organic nitrogen in pore water of bottom sediments was larger than that of mineral nitrogen. Among mineral nitrogen types, ammonium nitrogen dominated. An increased degree of bottom sediment oxidation leads to a decrease of organic, ammonium, nitrite and nitrate nitrogen in pore waters.

At the same time, ammonium and organic nitrogen have synchronous dynamics with nutrient content in the bottom layer of water during the transition from reduction to oxidative conditions. The study reveals a significant increase in nitrite nitrogen content in pore waters of the bottom sediments of the Northern Caspian, as compared to the findings obtained in the twentieth century. Reduction reactions in the bottom sediment took place in areas of nitrite and nitrate accumulation in pore waters; while ammonium and organic nitrogen was accumulated in areas with transition conditions; and mineral nitrogen prevailed in oxidative conditions. The statistical analysis shows that in different oxidative-reducing conditions, the concentration of mineral and organic forms of nitrogen depends on various hydrochemical parameters. The main factors are the content of dissolved organic matter, oxidation-reduction potentials of bottom water layer, pH and oxidation-reduction potentials of pore water of bottom sediments

**Keywords:** oxidative-reducing potential, hydrogen value, ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, organic nitrogen

**For citation:** Degtyareva L.V., Popova N.V., Azizov E.R. 2025. Nitrogen in the Pore Waters of the Northern Caspian Bottom Sediments. *Regional Geosystems*, 49(2): 308–318 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-308-318 EDN: MHDPA

## Введение

Азот – важный показатель биопродуктивности экосистемы моря. Азот входит в состав нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов группы В, участвует в процессе первичного продуцирования органического вещества [Клёцкина, Минкевич, 2013; Катунин, 2014].

В водных экосистемах азот существует в форме аммония (при высокой степени восстановления) или нитратов (при высокой степени окисления) [Секи, 1986]. Нитриты присутствуют в море обычно в очень малых количествах. Их лабильность обусловлена тем, что они являются промежуточным звеном в нитрификации и денитрификации, их образование представляет собой результат двух различных процессов: окисления аммиака и восстановления нитратов. Круговорот азота в море осуществляется в процессах продуцирования и распада органического вещества и в дальнейших окислительно-восстановительных реакциях [Бруевич, 1978].

Основная часть азота поступает в Северный Каспий со стоком р. Волги в растворенном и взвешенном состоянии [Пахомова, Затучная, 1966]. Согласно исследованиям, проведенным на других водных объектах, важным источником азота являются атмосферные осадки [Закутин и др., 1995].

Соединения азота попадают в донные отложения (ДО) в составе органического вещества, адсорбированного на взвешенных веществах [Гаркавая, Богатова, 2007]. Выпавшие на дно минеральные и органические частицы представляют собой суспензию, в которой подавляющую часть составляет жидкая фаза – поровые воды [Бордовский, 1974].

Часть поровых вод включается в состав кристаллической решетки минералов или адсорбируется на поверхности частиц ДО в виде тончайшей пленки. Часть представляет собой мобильную жидкую среду, окружающую частицы ДО, и участвует в обменных процессах на границе раздела «вода – ДО» [Даутвальтер, 2012]. Химический состав поровых вод отличается от химического состава морской воды [Gieskes, 1975; Гаркавая, Богатова, 2007]. Эти различия формируют разнонаправленные потоки на границе раздела «вода – ДО» [Тищенко и др., 2022]. На распределение элементов в системе «вода – ДО» влияет множество факторов: минерализация, сумма активных температур, содержание растворенного в воде придонного слоя кислорода, интенсивность диагенеза, величина потока взвешенного органического вещества, уровень эвтрофирования, деятельность микроорганизмов [Rutgers et al., 1984; Клёцкина, Минкевич, 2013; Косенко, 2019; Тищенко и др., 2022]. Процессы обмена азота в системе «твердая фаза ДО – поровые воды» регулируются в основном окислительно-восстановительными и кислотно-щелочными условиями среды [Романкевич, 1977].

ДО – источник вторичного загрязнения водных масс [Гаркавая, Богатова, 2007; Гурова и др., 2023]. Основными компонентами азотного загрязнения являются аммоний и нитрат [Клёцкина, Минкевич, 2013]. Возрастание содержания восстановленных соединений азота в ДО увеличивает их поток в придонный слой воды, обусловливая субкислородные или анаэробные условия [Meysman et al., 2003]. Кроме того, высокое содержание элементов в ДО препятствует процессам самоочищения воды [Петросян, Пирумян, 2016].

Изучение поровых вод ДО – необходимый элемент в изучении баланса биогенных веществ, особенно в эвтрофных аквасистемах [Гаркавая, Богатова, 2007], где наблюдается изменение климата и усиление антропогенного воздействия [Брезгуров, Ферронский, 2010; Белкина, 2021]. Именно к таким водным объектам относится Северный Каспий [Шипулин, 2021; Островская и др., 2022].

Цель работы состояла в изучении особенностей накопления минерального и органического азота в поровых водах донных отложений Северного Каспия при различных окислительно-восстановительных условиях.

### Объекты и методы исследования

Материалами для исследований послужили данные за период 2017–2021 гг., полученные в ходе проведения мониторинговых работ на лицензионных участках ООО «Каспийская нефтяная компания» и ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», расположенных в западной части Северного Каспия.

Сетка станций была разработана с равномерным распределением по акватории точек отбора проб (рис. 1).

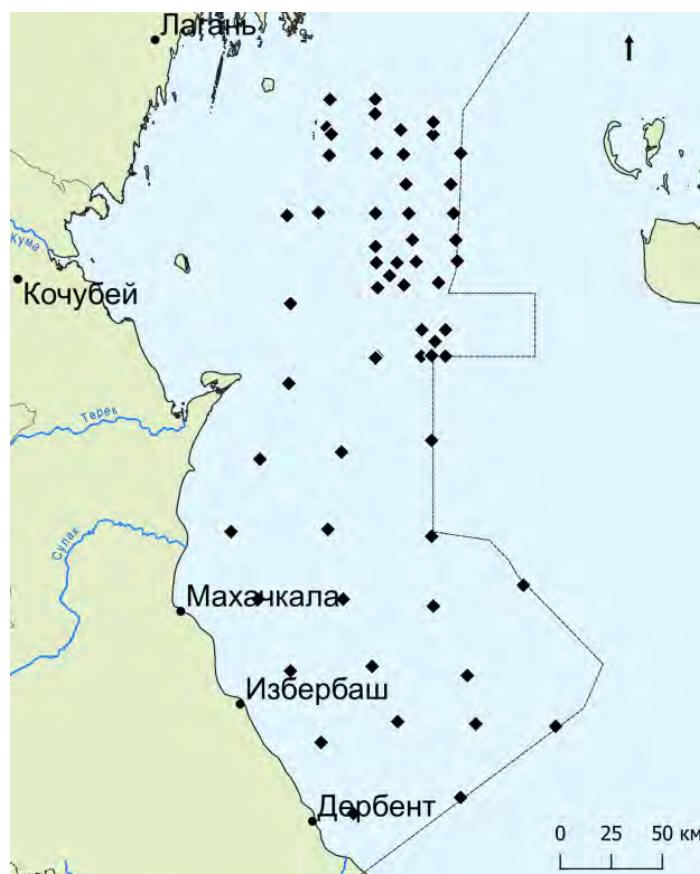


Рис. 1. Схема отбора проб

Fig. 1. Sampling scheme

За исследуемый период пробы морской воды и донных отложений отбирались ежегодно в весенний и осенний периоды на 51 станции. Всего было отобрано 510 проб. Диапазон глубин составил 4,4–27,6 м. Пробы воды были отобраны с помощью батометра Молчанова ГР-18, донных отложений – дночерпателем Петерсена («Океан-50»). При выполнении исследований использовались методики отбора проб, рекомендованные национальным стандартом (ГОСТ 17.1.5.04-81 для отбора морской воды и ГОСТ 17.1.5.01-80 – для отбора донных отложений).

Пробы были обработаны в лаборатории ФГБУ «СевКасптехмордирекция», внесенной в Реестр аккредитованных лабораторий. В поровых водах донных отложений были определены: концентрация аммонийного, нитритного, нитратного и общего азота (ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.30-02, ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.51-08, ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10, ПНД Ф 14.1:2.206-04 соответственно). Количество органического азота было рассчитано как разница между содержанием общего азота и суммой его минеральных форм. Водородный показатель (рН) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh) были определены и в придонном слое морской воды, и в поровых водах донных отложений. Статистический анализ проведен согласно [Смагунова, Карпукова, 2012].

### Результаты и их обсуждение

ДО исследуемой акватории были представлены ракушей, песками, илами.

В ДО Северного Каспия величина редокс-потенциала (Eh) изменялась от –228 до +432 мВ. Закономерностей в пространственном распределении Eh не выявлено. На большей площади акватории в донных отложениях складывались окислительные условия. Значение водородного показателя (рН) было в интервале 7,09–8,63. Величины рН морской воды и поровых вод ДО достаточно однородны, но даже небольшие изменения рН имеют влияние на процессы, происходящие в морской среде [РД 52.10.735-2010, 2010]. Зональность в распределении данных параметров была не выражена.

Концентрация общего азота ( $N_{общ}$ ) в поровых водах ДО была в интервале 17,2–14909,0 мг/л (табл. 1). Доля органического азота ( $N_{орг}$ ) в несколько раз превышала долю минерального азота ( $N_{мин}$ ) в восстановительных ( $Eh < 0$  мВ) и переходных ( $Eh$  от 0 до +100 мВ) условиях. Известно, что восстановительная среда свидетельствует о поступлении органического вещества [Колпакова и др., 2018]. В окислительной обстановке ( $Eh > 100$  мВ) превалирование органической формы азота в пуле  $N_{общ}$  незначительно, поскольку в присутствии свободного кислорода минерализация  $N_{орг}$  происходит интенсивнее.

Таблица 1  
Table 1

Концентрация азота (мг/л) в поровых водах донных отложений  
в различных окислительно-восстановительных условиях (мВ)  
Concentration of nitrogen (mg/l) in pore water of bottom sediments  
in various oxidative-reducing conditions (mV)

Eh поровых вод ДО	$N_{общ}$		$N_{мин}$		$N_{орг}$	
	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон
< 0	1465,1	187,7–4529,0	424,7	2,8–2792,8	2026,2	58,8–8842,2
0–100	1671,4	21,0–14909,0	237,2	5,6–1031,0	2422,2	3,8–29142,7
> 100	1335,4	17,2–12871,5	628,5	14,0–4722,9	743,5	0,6–8309,1

В составе  $N_{мин}$  преобладал аммонийный азот ( $NH_4^+$ ) (табл. 2).  $NH_4^+$  – первый продукт распада органического вещества. Накопление аммония происходит в анаэробных

условиях, где невозможен процесс нитрификации [Алекин, 1970]. В восстановительных и переходных условиях зарегистрировано высокое содержание  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах ДО. В окислительных условиях концентрация  $\text{NH}_4^+$  снижается. Установлено, что анионы в окисленном состоянии больше подвижны и накапливаются в восстановительных условиях [Справочник..., 1989]. Снижение  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  наблюдается в переходных условиях. Известно, что нитриты и нитраты интенсивнее образуются в восстановительных условиях [Гаркавая, Богатова, 2007].

Таблица 2  
 Table 2

Концентрация минерального азота (мг/л) в поровых водах донных отложений  
 в различных окислительно-восстановительных условиях (мВ)

Concentration of mineral nitrogen (mg/l) in pore water of bottom sediments  
 in various oxidative-reducing conditions (mV)

Eh поровых вод ДО	$\text{NH}_4^+$		$\text{NO}_2^-$		$\text{NO}_3^-$	
	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон
< 0	1158,0	13,3–4510,0	45,4	0–1046,1	261,7	4,1–2245,0
0–100	1609,4	0–14905,0	15,3	0–54,1	46,7	1,9–165,0
> 100	565,1	0–4720,0	12,9	0–257,5	50,5	1,7–252,0

Таким образом, возрастание степени окисленности осадка приводит к снижению аммонийной, нитритной и нитратной форм азота в поровых водах ДО. При этом синхронную динамику с содержанием биогенных элементов в придонном слое воды при переходе от восстановительных условий к окислительным имеют  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_{\text{мин}}$ ,  $\text{N}_{\text{орг}}$  и  $\text{N}_{\text{общ}}$  (табл. 3). Однако корреляционные связи были выявлены только у  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{N}_{\text{мин}}$ . Так, между концентрацией  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах ДО и концентрацией  $\text{NH}_4^+$  в придонном горизонте воды значимая корреляционная зависимость установлена только в переходных условиях ( $r = +0,41$ ;  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ ) и в окислительной обстановке ( $r = +0,35$ ;  $n = 183$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Между содержанием  $\text{N}_{\text{мин}}$  в поровых водах ДО и содержанием  $\text{N}_{\text{мин}}$  в придонном слое воды значимая корреляционная зависимость также установлена только в переходных ( $r = +0,40$ ;  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ ) и в окислительных ( $r = +0,40$ ;  $n = 183$ ;  $\alpha = 0,05$ ) условиях.

Таблица 3  
 Table 3

Средние величины концентрации азота (мг/л) в придонном слое воды

в различных окислительно-восстановительных условиях (мВ)

Average values of nitrogen concentration (mg/l) in the bottom water layer  
 in various oxidative-reducing conditions (mV)

Eh поровых вод ДО	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{N}_{\text{мин}}$	$\text{N}_{\text{орг}}$	$\text{N}_{\text{общ}}$
< 0	40,7	0,8	2,7	44,1	424,7	469,8
0–100	64,4	0,7	2,3	67,4	237,2	304,6
> 100	42,6	1,1	2,2	47,0	393,8	439,1

В придонном слое воды условия изменились от переходных до окислительных. Отмечено, что при переходе от восстановительных условий к окислительным наблюдается в поровых водах ДО снижение редокс-потенциала и pH придонного слоя воды (табл. 4).

Таблица 4  
Table 4

Средние значения окислительно-восстановительного потенциала (мВ)  
и водородного показателя в различных окислительно-восстановительных условиях (мВ)  
Average values of the oxidation-reduction potential (mV) and the hydrogen index  
in various oxidative-reducing conditions (mV)

Eh поровых вод ДО	Eh придонного слоя воды	pH придонного слоя воды	pH поровых вод ДО
< 0	398	8,47	7,90
0–100	383	8,39	8,05
> 100	321	8,35	8,08

pH поровых вод ДО демонстрировал обратную динамику. То есть как в поровых водах ДО, так и в придонном слое воды водородный показатель и окислительно-восстановительный потенциал характеризовались схожей динамикой, что соответствует классическому поведению данных параметров [Страхов, 1983]. Однако изменения в воде и поровых водах ДО были разнонаправленными.

В восстановительной обстановке содержание  $N_{\text{орг}}$  в поровых водах ДО находилось в обратной зависимости от pH придонного слоя воды ( $r = -0,61$ ;  $n = 42$ ;  $\alpha = 0,05$ ) и pH поровых вод ДО ( $r = -0,38$ ;  $n = 42$ ;  $\alpha = 0,05$ ). В связи  $N_{\text{общ}} - \text{pH}$  придонного слоя воды коэффициент корреляции был равен  $-0,51$  ( $n = 42$ ;  $\alpha = 0,05$ ). В связи  $N_{\text{общ}} - \text{pH}$  поровых вод ДО коэффициент корреляции составил  $-0,50$  ( $n = 42$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Следовательно, при понижении pH, сопутствующем разложению органического вещества [Химия океана..., 1979], увеличивается поступление  $N_{\text{орг}}$  из ДО в поровые воды.

В переходных условиях концентрация нитритов зависела от pH поровых вод ДО ( $r = -0,58$ ;  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ ); нитратов – от Eh поровых вод ДО ( $r = -0,53$ ;  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Снижение величины Eh, свидетельствующее о формировании анаэробных условий в придонном слое воды, приводит к миграции веществ из ДО в воду [Шигаева и др., 2020].

В окислительной обстановке на содержание биогенных элементов в поровых водах ДО оказывал влияние редокс-потенциал. От Eh придонного слоя воды находилась в зависимости концентрация  $\text{NH}_4^+$  ( $r = +0,75$ ),  $N_{\text{мин}}$  ( $r = +0,75$ ),  $N_{\text{орг}}$  ( $r = +0,67$ ),  $N_{\text{общ}}$  ( $r = +0,72$ ). Eh поровых вод ДО оказывал влияние на концентрацию этих биогенов в меньшей степени:  $\text{NH}_4^+$  ( $r = +0,49$ ),  $N_{\text{мин}}$  ( $r = +0,50$ ),  $N_{\text{орг}}$  ( $r = +0,37$ ),  $N_{\text{общ}}$  ( $r = +0,42$ ). Для всех вышеперечисленных зависимостей  $n = 183$ ;  $\alpha = 0,05$ .

В придонном горизонте воды при переходе от восстановительных к окислительным условиям объяснимо возрастает концентрация растворенного в воде кислорода (табл. 5). Наблюдается также увеличение содержания растворенного органического вещества. Повышение данных показателей свидетельствует об интенсификации производственных процессов [Лобковский и др., 2005]. На этом фоне в окислительной среде резко снижается количество взвешенных веществ и взвешенного органического вещества.

Уровень накопления органического вещества в ДО при переходе от восстановительных к окислительным условиям изменился незначительно (0,42 и 0,43 % соответственно).

В восстановительной обстановке установлена зависимость содержания  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах ДО от концентрации растворенного органического вещества в придонном слое воды ( $r = +0,45$ ;  $n = 42$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

В переходных условиях концентрация  $\text{NO}_2^-$  в поровых водах ДО зависела от концентрации взвешенного вещества в придонном слое воды ( $r = +0,49$ ;  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ );  $N_{\text{мин}}$  и  $N_{\text{общ}}$  – от уровня накопления органического вещества в ДО ( $r = +0,61$  и  $r = +0,65$  соответственно; при  $n = 29$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Таблица 5  
 Table 5

Средние значения гидрохимических показателей (мг/л) в придонном слое воды  
 в различных окислительно-восстановительных условиях (мВ)  
 Average values of hydrochemical indicators (mg/l) in the bottom water layer  
 in various oxidative-reducing conditions (mV)

Eh поровых вод ДО	Кислород	Взвешенные вещества в придонном слое воды	Растворенное органическое вещество в придонном слое воды	Взвешенное органическое вещество в придонном слое воды
< 0	4,54	6,2	2,24	2,14
0–100	5,90	9,8	2,40	3,00
> 100	7,15	2,7	2,96	1,44

В окислительной обстановке выявлена зависимость  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах ДО от количества взвешенного вещества и взвешенного органического вещества в придонном слое воды ( $r = +0,43$  и  $r = +0,39$  соответственно; при  $n = 183$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

В сезонной динамике наблюдалось снижение концентрации  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{N}_{\text{опр}}$  в поровых водах ДО от весны к осени, в восстановительной обстановке отмечено резкое возрастание содержания  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  в осенний период (рис. 2). Такая динамика различных форм азота свидетельствует о развитии деструкционных процессов, в результате которых происходит минерализация органического вещества [Алекин, 1970].

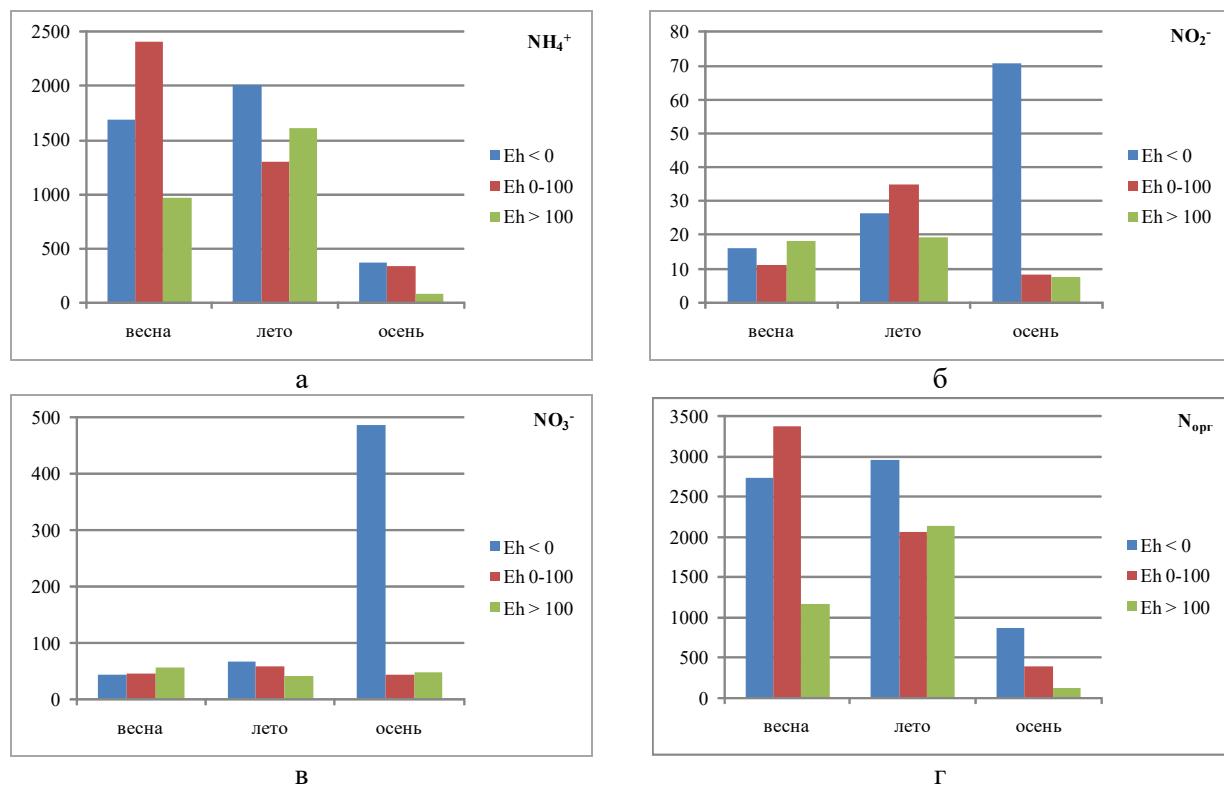


Рис. 2. Сезонная динамика азота (мг/л): а – аммонийного ( $\text{NH}_4^+$ ), б – нитритного ( $\text{NO}_2^-$ ),  
 в – нитратного ( $\text{NO}_3^-$ ), г – органического ( $\text{N}_{\text{опр}}$ )

Fig. 2. Seasonal dynamics of nitrogen (mg/l): a – ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), б – nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ),  
 в – nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), г – organic nitrogen ( $\text{N}_{\text{org}}$ )

Следует отметить, что в ранее проведенных исследованиях поровых вод ДО Северного Каспия [Бруевич, 1978], были обнаружены корреляционные связи между различными формами азота и мелкодисперсной фракцией ДО. В результате нашей работы статистически значимой зависимости содержания биогенных элементов в поровых водах ДО от процента пелитовой ( $d < 0,01$  мм) и алевритовой ( $d = 0,05–0,01$  мм) фракций осадка не выявлено. В более ранних исследованиях концентрация  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах достигала 16900 мг/л, в современный период максимальная величина  $\text{NH}_4^+$  составила 14905 мг/л; содержание  $\text{NO}_2^-$  было близким к нулю, за период проведенных нами исследований значительно возросло и достигало 1046 мг/л.

### Заключение

Таким образом, зоной аккумуляции  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NO}_3^-$  в поровых водах ДО является область со сложившейся в ДО восстановительной обстановкой;  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{N}_{\text{орг}}$  – с переходными условиями в ДО;  $\text{N}_{\text{мин}}$  – с окислительными условиями.

Иерархическое ранжирование коэффициентов корреляции показало, что содержание  $\text{NH}_4^+$  в поровых водах ДО в наибольшей степени обусловлено концентрацией растворенного органического вещества (в восстановительной обстановке), концентрацией  $\text{NH}_4^+$  в придонном слое воды (в переходных условиях) и Eh придонного слоя воды (на участках со сложившейся в ДО окислительной обстановкой). Содержание  $\text{NO}_2^-$  зависит от pH, а  $\text{NO}_3^-$  – от Eh поровых вод ДО (в переходных условиях). Концентрация  $\text{N}_{\text{орг}}$  – от pH поровых вод ДО (в восстановительной обстановке) и Eh придонного слоя воды (в окислительных условиях).

Следовательно, в переходных условиях при преобладании деструкционных процессов (снижение pH) в поровых водах ДО Северного Каспия возрастает концентрация  $\text{NO}_2^-$ , что может привести к вторичному загрязнению нитритами. В восстановительной обстановке при развитии деструкционных процессов существует угроза вторичного загрязнения органическим азотом.

### Список источников

- Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Ленинград, Гидрометеорологическое изд-во, 444 с.  
РД 52.10.735-2010. 2010. Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом. Москва, ГОИН, 23 с.  
Смагунова А.Н., Карпукова О.М. 2012. Методы математической статистики в аналитической химии. Ростов-на-Дону, Феникс, 346 с.  
Справочник по гидрохимии. 1989. Ленинград, Гидрометеоиздат, 391 с.

### Список литературы

- Белкина Н.А. 2021. Закономерности осадконакопления и раннего диагенеза донных отложений в водоемах юго-восточной части фенноскандинавского кристаллического щита. Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Санкт-Петербург, 48 с.  
Бордовский О.К. 1974. Органическое вещество морских и океанских осадков в стадию раннего диагенеза. Москва, Наука, 104 с.  
Брезгунов В.С., Ферронский В.И. 2010. Микро- и макроэлементы в поровых водах глубинных областей Южного и Среднего Каспия. Водные ресурсы, 37(6): 700–708.  
Бруевич С.В. 1978. Проблемы химии моря. Москва, Наука, 335 с.  
Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И. 2007. Минеральные и органические вещества в поровых растворах донных отложений украинской части взморья Дуная. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, 15: 528–540.  
Гурова Ю.С., Якушев Е.В., Березина А.В., Новиков М.О., Гуров К.И., Орехова Н.А. 2023. Численное моделирование динамики окислительно-восстановительных условий на границе

- вода – донные отложения в Севастопольской бухте. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря, 2: 71–90. <https://doi.org/10.29039/2413-5577-2023-2-71-90>
- Даутвальтер В.А. 2012. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск, Изд-во МГТУ, 242 с.
- Закутин В.П., Чугунова Н.Н., Фетисенко Д.А., Пантелеева З.Н., Богомолова А.А. 1995. Аммонийсодержащие подземные воды (условия формирования и распространения). Водные ресурсы, 2(6): 726–737.
- Катунин Д.Н. 2014. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги. Астрахань, Изд-во КаспНИРХ, 478 с.
- Клёцкина О.В., Минькович И.И. 2013. Азотное загрязнение подземных вод и управление их качеством в промышленных районах. Вестник Пермского университета. Геология, 4(21): 8–20.
- Колпакова М.Н., Гаськова О.Л., Наймушина О.С., Кривоногов С.К. 2018. Озеро Эбейты, Россия: химико-органический и минеральный состав воды и донных отложений. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 329(1): 111–123.
- Косенко Ю.В. 2019. Основные аспекты баланса биогенных элементов в Азовском море. Водные биоресурсы и среда обитания, 2(4): 24–37. [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2019\\_2\\_4\\_24](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_4_24)
- Лобковский Л.И., Левченко Д.Г., Леонов А.В., Амбросимов А.К. 2005. Геоэкологический «портрет» экосистемы Каспийского моря. В кн.: Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий. Москва, Наука: 263–298.
- Островская Е.В., Гаврилова Е.В., Варначкин С.А. 2022. Изменения гидролого-гидрохимического режима Северного Каспия в условиях меняющегося климата. В кн.: Изменение климата в регионе Каспийского моря. Материалы Международной научной конференции, Астрахань, 27–28 октября 2021. Астрахань, Издатель Сорокин Роман Васильевич: 75–77.
- Пахомова А.С., Затучная Б.М. 1966. Гидрохимия Каспийского моря. Ленинград, Гидрометеоиздат, 343 с.
- Петросян В.А., Пирумян Г.П. 2016. Влияние содержания сульфат и нитрат ионов на миграцию железа в системе вода-донные отложения реки Раздан. Вода: химия и экология, 3(93): 78–84.
- Романкович Е.А. 1977. Геохимия органического вещества в океане. Москва, Наука, 256 с.
- Секи Х. 1986. Органические вещества в водных экосистемах. Ленинград, Гидрометеоиздат, 198 с.
- Страхов Н.М. 1983. Избранные труды. Общие проблемы геологии, литологии и геохимии. Москва, Наука, 640 с.
- Тищенко П.Я., Борисенко Г.В., Барабанчиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Уланова О.А., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М. 2022. Оценка потоков биогенных веществ на границе раздела вода – дно в мелководных бассейнах залива Петра Великого (Японское море). Геохимия, 67(9): 881–895. <https://doi.org/10.31857/S0016752522090084>.
- Химия океана. Том 1. Химия вод океана. 1979. Москва, Наука, 518 с.
- Шигаева Т.Д., Поляк Ю.М., Кудрявцева В.А. 2020. Окислительно-восстановительный потенциал как показатель состояния объектов окружающей среды. Биосфера, 12(3): 111–124. <https://doi.org/10.24855/BIOSFERA.V12I3.549>.
- Шипулин С.В. 2021. Состояние запасов водных биоресурсов Волжско-Каспийского бассейна и меры по их сохранению в условиях развития нефтедобычи. В кн.: Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений. Материалы VIII научно-практической конференции с международным участием, Астрахань, 22 октября 2021. Астрахань, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»): 306–309.
- Gieskes J.M. 1975. Chemistry of Interstitial Waters of Marine Sediments. Annual Review Earth Planetary Sciences, 3: 433–453. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.03.050175.002245>
- Meysman F.J.R., Middelburg J.J., Herman P.M.J., Heip C.H.R. 2003. Reactive Transport in Surface Sediments. II. Media: An Object-Oriented Problem-Solving Environment for Early Diagenesis. Computers and Geosciences, 29(3): 301–318. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(03\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(03)00007-4)
- Rutgers van Looy M.M., Anderson L.G., Hall P.O.J., Inerfeldt, Josefson A.B., Sundby B., Westerlund S.F.G. 1984. The Asphyxiation Technique: an Approach to Distinguish Between Molecular Diffusion and Biologically Mediated Transport at the Sediment-Water Interface. Limnology and Oceanography, 29(4): 675–686. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.4.0675>

## References

- Belkina N.A. 2021. Zakonomernosti osadkonakoplenija i rannego diageneza donnyh otlozhenij v vodoemah jugo-vostochnoj chasti fennoskandinavskogo kristallicheskogo shhita [Patterns of Sediment Accumulation and Early Diogenesis of Bottom Sediments in the Waters of the South-Eastern Part of the Fennoscandinavian Crystal Shield]. Abstract dis. ... dokt. geogr. sciences. St. Petersburg, 48 p.
- Bordovskij O.K. 1974. Organicheskoe veshhestvo morskikh i okeanskih osadkov v stadiju rannego diageneza [Organic Matter of Marine and Ocean Sediments in the Early Diogenesis Stage]. Moscow, Pabl. Nauka, 104 p.
- Brezgunov V.S., Ferronsky V.I. 2010. Macro- and Microelements in the Interstitial Water of Deep-Water Areas of the Southern and Middle Caspian Sea. Water resources, 37(6): 825–833 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0097807810060084>
- Bruevich S.V. 1978. Problemy himii morja [Problems of Sea Chemistry]. Moscow, Pabl. Nauka, 335 p.
- Garkavaja G.P., Bogatova Ju.I. 2007. Mineral'nye i organicheskie veshhestva v porovyh rastvorah donnyh otlozhenij ukrainskoj chasti vzmor'ja Dunaja [Mineral and Organic Substances in Pore Solutions of Bottom Sediments of the Ukrainian Part of the Danube]. Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoy zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa, 15: 528–540.
- Gurova Yu.S., Yakushev E.V., Berezina A.V., Novikov M.O., Gurov K.I., Orekhova N.A. 2023. Numerical Modelling of Redox Condition Dynamics at the Water-Sediment Interface in Sevastopol Bay. Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea, 2: 71–90 (in Russian). <https://doi.org/10.29039/2413-5577-2023-2-71-90>
- Dautval'ter V.A. 2012. Geojekologija donnyh otlozhenij ozer [Geoecology of Bottom Sediments of Lakes]. Murmansk, Pabl. MGTU, 242 p.
- Zakutin V.P., Chugunova N.N., Fetisenko D.A., Panteleeva Z.N., Bogomolova A.A. 1995. Ammonijsoderzhashchie podzemnye vody (uslovija formirovaniya i rasprostraneniya) [Ammonium-Containing Groundwater (Conditions of Formation and Distribution)]. Water resources, 2(6): 726–737.
- Katunin D.N. 2014. Hydroecological Grounds of Formation of Ecosystem Processes in the Caspian Sea and the Volga River Delta. Astrakhan, Pabl. KaspNIRH, 478 p. (in Russian).
- Kletskina O.W., Minkevich I.I. 2013. Nitrogen Pollution of the Underground Waters and Management of Their Quality in Industrial Areas. Bulletin of Perm University. Geology, 4(21): 8–20 (in Russian).
- Kolpakova M.N., Gaskova O.L., Naymushina O.S., Krivonogov S.K. 2018. Ebeity Lake, Russia: Chemical-Organic and Mineral Composition of Water and Bottom Sediments. Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 329(1): 111–123 (in Russian).
- Kosenko Yu.V. 2019. Basic Aspects of the Biogenic Elements Balance in the Azov Sea. Aquatic Bioresources & Environment, 2(4): 24–37 (in Russian). [https://doi.org/10.47921/2619-1024\\_2019\\_2\\_4\\_24](https://doi.org/10.47921/2619-1024_2019_2_4_24)
- Lobkovskij L.I., Levchenko D.G., Leonov A.V., Ambrosimov A.K. 2005. Geojekologicheskij «portret» jekosistemy Kaspijskogo morja [Geo-Ecological «Portrait» of the Caspian Sea Ecosystem]. In: Geojekologicheskij monitoring morskikh neftegazonosnyh akvatorij [Geoecological Monitoring of Marine Oil and Gas Bearing Waters]. Moscow, Pabl. Nauka: 263–298.
- Ostrovskaja E.V., Gavrilova E.V., Varnachkin S.A. 2022. Izmenenija gidrologo-gidrohimicheskogo rezhima Severnogo Kaspija v uslovijah menjajushhegosja klimata [Changes in the Hydrochemical Regime of the Northern Caspian Under Changing Climate Conditions]. In: Izmenenie klimata v regione Kaspijskogo morja [Climate Change in the Caspian Sea Region]. Proceedings of the International Scientific Conference, Astrakhan, 27–28 October 2021. Astrakhan, Pabl. Sorokin Roman Vasil'evich: 75–77.
- Pahomova A.S., Zatuchnaya B.M. 1966. Gidrohimija Kaspijskogo morja [Hydrochemistry of the Caspian Sea]. Leningrad, Pabl. Gidrometeoizdat, 343 p.
- Petrosyan V.A., Pirumyan G.P. 2016. Impact of the Sulphate and Nitrate Ions on the Migration of Iron in the Water-Sediment System of the Hrazdan River. Voda: himija i jekologija, 3(93): 78–84 (in Russian).
- Romankevich E.A. 1977. Geohimija organicheskogo veshhestva v okeane [Organic Matter Geochemistry in the Ocean]. Moscow, Pabl. Nauka, 256 p.

- Seki H. 1986. Organicheskie veshhestva v vodnyh jekosistemah [Organic Matter in Aquatic Ecosystems]. Leningrad, Pabl. Gidrometeoizdat, 198 p.
- Strahov N.M. 1983. Izbrannye trudy. Obshchie problemy geologii, litologii i geohimii [Selected Works. General Problems of Geology, Lithology and Geochemistry]. Moscow, Pabl. Nauka, 640 p.
- Tishchenko P.Ya., Borisenco G.V., Barabanshikov Yu.A., Pavlova G.Yu., Ryumina A.A., Sagalaev S.G., Semkin P.Yu., Tishchenko P.P., Ulanova O.A., Shvecova M.G., Shkirnikova E.M. 2022. Estimation of Nutrient Fluxes on the Interface Bottom Water–Sediments in Shallow Bights of the Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Geochemistry International*, 60(9): 891–904. <https://doi.org/10.1134/S0016702922090087>.
- Himija okeana. Tom 1. Himija vod okeana [Ocean Chemistry. Volume 1. Ocean Chemistry]. 1979. Moscow, Pabl. Nauka, 518 p.
- Shigaeva T.D., Polyak Yu.M., Kudryavtseva V.A. 2020. The Redox Potential as an Index of the State of Environmental Entities. *Biosfera*, 12(3): 111–124 (in Russian). <https://doi.org/10.24855/BIOSFERA.V12I3.549>.
- Shipulin S.V. 2021. Sostojanie zapasov vodnyh bioresursov Volzhsko-Kaspiskogo bassejna i mery po ih sohraneniju v uslovijah razvitiya neftedobychi [Status of Water Resources of the Volga-Caspian Basin and Measures to Preserve them in the Context of Oil Production]. In: Problemy sohranenija jekosistemy Kaspija v uslovijah osvoenija neftegazovyh mestorozhdenij [Problems of Preserving the Caspian Ecosystem in the Context of Oil and Gas Field Development]. Proceedings of the VIII scientific and practical conference with international participation, Astrakhan, 22 October 2021. Astrakhan, Pabl. Volzhsko-Kaspiskij filial FGBNU «VNIRO» («KaspNIRH»): 306–309.
- Gieskes J.M. 1975. Chemistry of Interstitial Waters of Marine Sediments. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 3: 433–453. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.03.050175.002245>
- Meysman F.J.R., Middelburg J.J., Herman P.M.J., Heip C.H.R. 2003. Reactive Transport in Surface Sediments. II. Media: An Object-Oriented Problem-Solving Environment for Early Diagenesis. *Computers and Geosciences*, 29(3): 301–318. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(03\)00007-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(03)00007-4)
- Rutgers van Looy M.M., Anderson L.G., Hall P.O.J., Inerfeldt, Josefson A.B., Sundby B., Westerlund S.F.G. 1984. The Asphyxiation Technique: an Approach to Distinguish Between Molecular Diffusion and Biologically Mediated Transport at the Sediment-Water Interface. *Limnology and Oceanography*, 29(4): 675–686. <https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.4.0675>

Поступила в редакцию 09.02.2025;  
поступила после рецензирования 04.03.2025;  
принята к публикации 20.03.2025

Received February 09, 2025;  
Revised March 04, 2025;  
Accepted March 20, 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

**Дегтярева Лариса Вячеславна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Каспийский морской научно-исследовательский центр, г. Астрахань, Россия

**Попова Наталья Викторовна**, кандидат биологических наук, начальник отдела экологической и промышленной безопасности, Каспийская нефтяная компания, г. Астрахань, Россия

**Азизов Эльдар Рамазанович**, инженер по охране окружающей среды (эколог) 1 категории, ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть, г. Астрахань, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Larisa V. Degtyareva**, Candidate of Biological Sciences, Leading researcher, Caspian Marine Research Center, Astrakhan, Russia

**Natalia V. Popova**, Candidate of Biological Sciences, Head of Environmental and Industrial Safety Department, Caspian Oil Company, Astrakhan, Russia

**Eldar R. Azizov**, Environmental engineer (ecologist) 1 category, LUKOIL-Nizhnevолжскнефть, Astrakhan, Russia

УДК 551.586(571.513)  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-319-336  
EDN OONSWE

## Роль климатических ресурсов в формировании рекреационного потенциала Республики Хакасия

<sup>1</sup>Непомнящий В.В., <sup>1,2</sup>Макеева Е.Г.

<sup>1</sup>Государственный природный биосферный заповедник «Хакасский»,  
Россия, 655017, г. Абакан, ул. Цукановой, 164

<sup>2</sup>Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова  
Россия, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, 90  
mail@zapovednik-khakassky.ru, meg77@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается климато-рекреационный потенциал Республики Хакасия, влияние особенностей климата на туристско-рекреационную привлекательность и специализацию региона. Анализируются пространственно-территориальные особенности районов Хакасии с учетом климатических условий, влияющих на туристско-рекреационный потенциал. По основным метеостанциям составлены карты-схемы средних температур июля и января, продолжительности солнечного сияния, среднегодового количества осадков, картограмма изменчивости снежного покрова. Проанализирована суровость погодных условий в зимний период. Выявлены территориальные закономерности распределения некоторых индексов, отражающих жесткость или суровость погоды, согласно которым для рекреационной деятельности в зимний период наибольшей комфортностью погодных условий отличаются предгорные зоны Западного Саяна и южной части Кузнецкого Алатау.

**Ключевые слова:** климатические ресурсы, рекреация, климато-рекреационный потенциал, суровость погодных условий, Республика Хакасия

**Для цитирования:** Непомнящий В.В., Макеева Е.Г. 2025. Роль климатических ресурсов в формировании рекреационного потенциала Республики Хакасия. Региональные геосистемы, 49(2): 319–336. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-319-336 EDN: OONSWE

## Climatic Resources and Recreational Potential of the Republic of Khakassia

<sup>1</sup>Victor V. Nepomnyaschiy, <sup>1,2</sup>Evgeniia G. Makeeva

<sup>1</sup>Khakassky State Nature Biosphere Reserve,  
164 Tsukanova St, Abakan 655017, Russia

<sup>2</sup>Katanov Khakass State University,  
90 Lenin St, Abakan 655017, Russia  
mail@zapovednik-khakassky.ru, meg77@yandex.ru

**Abstract.** The goal of the study is to assess the climate and recreational potential of the Republic of Khakassia. The paper presents map charts of average temperatures in July and January, the sunshine duration, average annual precipitation, and a cartogram of snow cover variability (for 2012–2021). These were compiled on the basis of data from meteorological stations of the Khakass Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring located in the steppe zone and in the mountain-taiga zones of the republic. Given the values of average daily temperatures, the favorable period for summer recreation on the plain part of Khakassia lasts from June to August (61 to 77 days). The favorable period for winter recreation in the foothill and mountainous areas of the republic is quite long, being distinguished by the most optimal temperature conditions for recreation. The average duration of

© Непомнящий В.В., Макеева Е.Г., 2025

sunshine in the republic is 1,837.9–2,106.6 hours per year, the highest values being typical for the South Minusinsk Basin. The maximum amount of annual precipitation falls in the Kuznetsk Alatau (869.1–1,591.0 mm), in the foothill zones of the Western Sayan (612.8 mm), while lower annual precipitation amounts are typical for intermountain basins: 366.2 mm (North Minusinsk Basin) and 360.7 mm (South Minusinsk Basin). Analysis of the snow cover dynamics indicates a higher recreational potential of the mountainous territories of Khakassia, the average of the total number of days with snow cover for 2012–2021 equaling 166.0–248.6. In the steppe part of Khakassia, these values were significantly lower: 114.7–127.4 days. Territorial patterns of distribution of some indices reflecting the weather severity or toughness have been identified, according to which the foothill zones of the Western Sayan and the southern part of the Kuznetsk Alatau are characterized by the most comfortable weather conditions for recreational activities in winter.

**Keywords:** climatic resources, recreation, climate and recreational potential, severity of weather conditions, Republic of Khakassia

**For citation:** Nepomnyaschiy V.V., Makeeva E.G. 2025. Climatic Resources and Recreational Potential of the Republic of Khakassia. *Regional Geosystems*, 49(2): 319–336 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-319-336 EDN: OONSWE

## Введение

Климат играет важнейшую роль при организации туристско-рекреационной деятельности. Он определяет возможности развития в конкретном регионе отдельных направлений и видов туризма, продолжительность и комфортность туристского сезона, выступает триггером в вопросах безопасности путешествий. Климатические ресурсы активно используют при организации санаторно-курортного дела, повышая эффективность как бальнеологического, так и экономического эффекта. Важным параметром климатических рекреационных ресурсов является термический режим территории. Он определяется продолжительностью периодов, благоприятных для организации отдельных видов туризма (купальный сезон, зимние виды отдыха и т. п.). Комплексное воздействие на организм человека термического режима, влажности воздуха и скорости ветра во многом определяют перспективность территории для организации туристско-рекреационной деятельности. При климатическом районировании большую роль играет расположение метеорологических станций, результаты измерений которых являются основной информацией в данном случае. В качестве факторов районирования выступают как непосредственно характеристики климата и погоды (например, количество солнечной радиации, температура воздуха, суммы осадков и т. д.), так и различные биоклиматические индексы [Никифорова, 2019].

Республика Хакасия, расположенная на юге Сибири, отличается высоким уровнем ландшафтного разнообразия, а туристско-рекреационная деятельность обозначена в программе развития региона в качестве приоритетной. Климат Хакасии характеризуется как резко-континентальный с холодной и продолжительной зимой и коротким жарким летом. Микроклиматические особенности региона определяются рельефом местности. В горной и равнинной части республики климато-рекреационный потенциал будет отличаться. По отдельным метеорологическим показателям различия будут прослеживаться на горных хребтах Кузнецкого Алатау, Западного Саяна, северной и центральной равнинной части Хакасии. Оценка общей комфортности климата на территории Республики Хакасия проводилась ранее сотрудниками ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Степень комфортности климата по отдельным населенным пунктам определена как достаточно комфортная [Андрюшин и др., 2019].

**Целью работы** является современная оценка климато-рекреационного потенциала Республики Хакасия. Для достижения поставленной цели был определен комплекс задач:

1. Рассмотреть орографические особенности региона, влияющие на туристско-рекреационную деятельность.
2. Провести картирование пространственно-территориальных особенностей климата, влияющих на туристско-рекреационный потенциал региона.
3. Оценить солнечные ресурсы и осадки в Республике Хакасия как фактор, способствующий формированию туристской специализации региона;
4. Оценить биоклиматические показатели сировости погодных условий зимнего периода в разных районах Республики Хакасия как элемента рекреационного использования территории.

### Объекты и методы исследования

Объект исследования – климатические условия Республики Хакасия. В качестве исходной информации использованы данные метеорологических станций «Ненастная», «Шира», «Хакасский ЦГМС», «Неожиданный», «Большой Он» Хакасского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Среднесибирское УГМС» за 2012–2021 гг. (рис. 1).

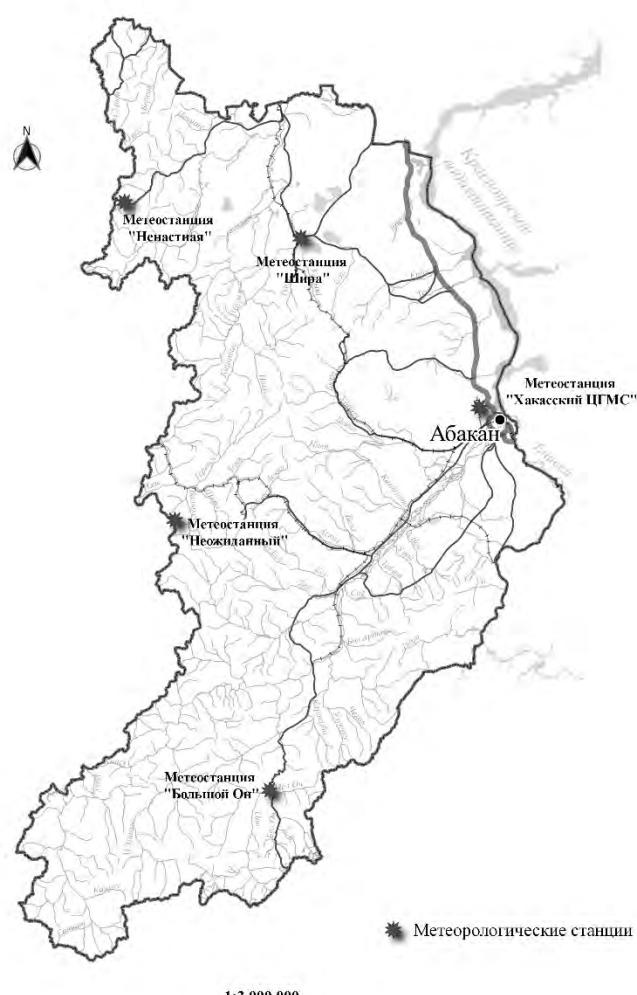


Рис. 1. Карта-схема расположения метеорологических станций  
Fig. 1. Map chart of meteorological stations location

Станции «Шира» и «Хакасский ЦГМС» расположены в степной зоне на высотах 464 м над ур. м. и 254 м над ур. м. соответственно. Остальные станции находятся в горно-таежной местности и приурочены к горным системам Кузнецкого Алатау («Ненастная» – 1186 м над ур. м., «Неожиданный» – 527 м над ур. м.) и Западного Саяна («Большой Он» – 792 м над ур. м.).

Карты-схемы средних температур июля и января составлены по данным среднемесечных температур с использованием метода обратно взвешенных расстояний в геоинформационной системе *QGIS*. Северная и центральная части карты, отражающей среднегодовое количество осадков, подготовлены методом интерполяции по алгоритму обратно взвешенных расстояний по показателям пяти метеостанций за период с 2012 по 2021 год, южная часть синхронизирована с картой количества осадков Атласа Республики Хакасия [Атлас..., 1999].

Для зимних видов отдыха и спорта биоклиматическую комфортность, или экстремальность климата, определяли при помощи индексов «холодового стресса»: ветрохолодового индекса Сайпла, индекса суворости погоды Бодмана и коэффициента жесткости погоды Арнольди [Русанов, 1981].

### Результаты и их обсуждение

Физико-географические факторы в рекреационной деятельности выступают одновременно и как условия, и как ресурсы отдыха. Для развития того или иного вида рекреационной деятельности необходимы свои, специфические природные условия. Географически территория Республики Хакасия находится в северо-восточной части Алтасаянской горной области, входящей в систему гор юга Сибири. В орографическом отношении территория Хакасии представлена тремя крупными структурами: на западе – Кузнецким Алатау, на юге – Западным Саяном, северо-восточная часть, примыкающая к горным сооружениям, представлена Минусинской (или Назаровско-Минусинской) межгорной впадиной, которая включает несколько самостоятельных котловин, разделенных хребтами-перемычками [Мистрюков, 1991]. Современный облик рельефа Республики Хакасия сформировался в основном в четвертичный период благодаря поднятиям горных сооружений и препарированию впадин процессами размыва и аккумуляции [Танзыбаев, 1993]. Горные районы Кузнецкого Алатау и Западного Саяна обладают существенным потенциалом для пешеходного спортивного туризма разной категории сложности. Наиболее сложные маршруты относятся к IV категории. Отличительной особенностью каждой впадины является сложность геологического строения, история формирования, характер положения среди горных сооружений и другие различия. Орографические особенности Республики Хакасия способствуют формированию разнообразных климатических условий по всей территории региона как с севера на юг, так и с запада на восток, что в свою очередь влияет на формирование туристской специализации районов (горнолыжный, снегоходный, купально-пляжный отдых и др.).

При организации санаторно-курортной деятельности принято считать, что: благоприятный период для зимней рекреации устанавливается, когда среднесуточная температура достигает  $-5^{\circ}\text{C}$ , но не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ ; благоприятный период для летней рекреации определяется числом дней со среднесуточной температурой выше  $+15^{\circ}\text{C}$  [Кусков, Лысикова, 2004].

Температурный режим в Республике Хакасия крайне неоднороден и существенно отличается по территории. Продолжительность лета на равнинной части республики составляет от 100 до 150 дней (2012–2022 гг.), но в горных районах его длительность уменьшается до 75–120 дней. Самый теплый месяц на территории Хакасии – июль, реже – июнь. Так, в 2012, 2017, 2015 гг. июньские средние и максимальные температуры воздуха превышали таковые в июле. На основе многолетних данных усредненных значений составлена карта-схема средней температуры июля по Республике Хакасия (рис. 2). В июле

изотермы направлены с запада на восток. Средняя температура воздуха в июле в горных районах Хакасии изменяется от +12,4 до +15,3 °C («Ненастная»); +16,2 – +18,4 °C («Неожиданный»); +15,2 – +17,8 °C («Большой Он»). В степной части – +16,6 – +19,6 °C («Шира»), +18,7 – +21,9 °C («Хакасский ЦГМС»). Наиболее теплый июль за исследуемый период отмечен в 2015 году в степных районах, когда среднемесячная температура достигала +19,6 – +21,9 °C.

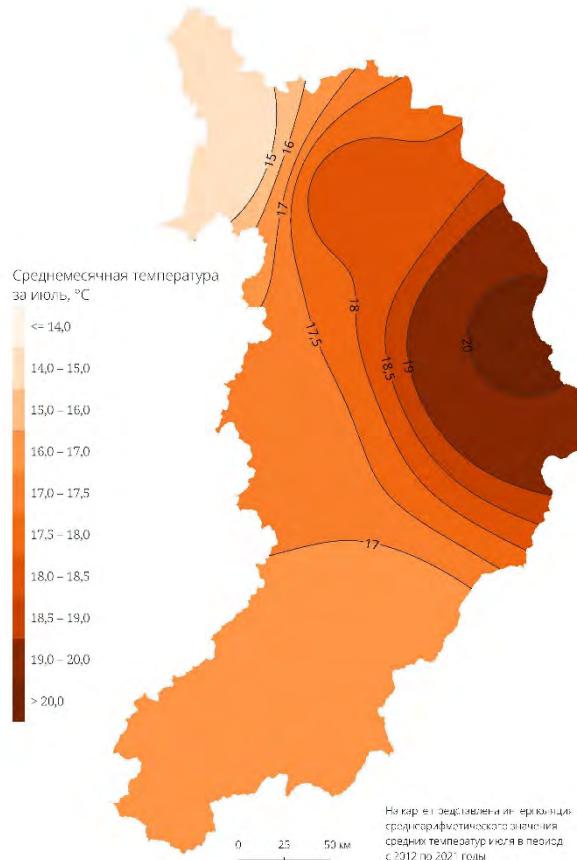


Рис. 2. Средняя температура июля по основным метеостанциям Республики Хакасия  
Fig. 2. Average July temperature at the main meteorological stations of the Republic of Khakassia

Абсолютные максимальные температуры июля были зарегистрированы в 2014 и 2015 гг. в центральной части республики («Хакасский ЦГМС») и составили +36,3 и +36,0 °C соответственно. Даты максимальных температур приходятся на вторую декаду июля (табл. 1).

Среднесуточная температура выше 15 °C, когда возможны все виды летней рекреации отмечается с июня по август на равнинной части Хакасии (по данным метеостанций «Шира» и «Хакасский ЦГМС»). Так в период с 2012 по 2022 год по данным метеостанции «Шира» число дней со среднесуточной температурой  $\geq 15$  °C составляет от 61 до 77, в июне число таких дней 12–30 (в среднем 20,7 дней), в июле – 19–31 (27,7), в августе – 16–25 (20,5). В горах начало и продолжительность лета не одинакова, а изменяется в зависимости от высоты над ур. м., чем выше расположено место, тем позже наступает лето, а продолжительность его короче (высотный спектр климатической поясности) [Сухова, 2008]. Из горно-таежных территорий наиболее благоприятными температурными условиями для рекреации отличаются предгорные зоны Западного Саяна. Согласно показаниям метеостанции «Большой Он», продолжительность периода среднесуточных температур выше 15 °C за летний период составляет от 32 до 59 дней (за 2012–2022 гг.), от 4 до 20 дней в июне (в среднем – 13,2 дней), от 11 до 30 дней в июле (20,9), от 7 до 22 дней в августе (13,1).

Таблица 1  
 Table 1

Абсолютная максимальная температура июля по основным метеостанциям  
 Республики Хакасия за период с 2012 по 2021 год  
 Absolute maximum temperature of July at the main meteorological stations of the Republic  
 of Khakassia from 2012 to 2021

Годы	«Ненастная»		«Шира»		«Хакасский ЦГМС»		«Неожиданный»		«Большой Он»	
	Т °С	дата	Т°С	дата	Т °С	дата	Т °С	дата	Т °С	дата
2012	26,3	29/07	32,2	29/07	33,1	29/07	33	28/07	32	28/07
2013	24,4	16/07	26,5	20/07	31,2	22/07	29,3	15/07 и 22/07	30,1	15
2014	29,0	12/07	34,2	12/07	36,3	12/07	35,8	12,1	35,3	12
2015	28,9	2/07	34,9	19/07	36,0	19/07	33,7	19,1	35,4	19
2016	24,8	23/07	28,8	15/07	32,5	24/07	31,8	15,1	33,1	15
2017	26,8	28/07	30,2	28/07	33,5	28/07	34,5	28,1	34,7	28
2018	24,6	13/07	30,0	13/07	33,5	1/07	31,8	13,1	30,7	12
2019	24,6	30/07	29,0	7/07	30,6	7/07	29,8	30,1	32,2	30
2020	25,0	2/07	28,7	2/07	30,0	2/07	29,6	20,1	30,5	20
2021	27,1	5/07	32,8	6/07	33,1	6/07	34,5	5,1	34,5	5

Абсолютные минимальные температуры июля зафиксированы метеостанциями «Ненастная» +1,8 °С и «Неожиданный» – +2,5 °С в первой декаде июля 2013 года, а также метеостанцией «Большой Он» в 2018 году – +2,1 °С (табл. 2).

Таблица 2  
 Table 2

Абсолютная минимальная температура июля по основным метеостанциям  
 Республики Хакасия за период с 2012 по 2021 год  
 Absolute minimum temperature of July at the main meteorological stations  
 of the Republic of Khakassia from 2012 to 2021

Годы	«Ненастная»		«Шира»		«Хакасский ЦГМС»		«Неожиданный»		«Большой Он»	
	Т °С	дата	Т °С	дата	Т °С	дата	Т °С	дата	Т °С	дата
2012	5,3	10/07	6,4	10/07	8,3	12/07	5,4	13/07	3,7	12/07
2013	1,8	1/07	5,2	3/07	7,0	2/07	2,5	2/07	3,9	3/07
2014	5,4	18/07	7,8	1/07	8,4	26/07	5,6	19/07	5,2	19/07
2015	3,7	7/07	5,8	10/07	9,2	10/07	4,7	10/07	2,6	7/07
2016	9,5	19/07	11,6	3/07	12,4	4/07	8,9	3/07	7,9	1/07
2017	3,2	7/07	7,2	17/07	7,8	17/07	5,9	7/07	4,1	7/07
2018	3,6	7/07	4,4	9/07	6,1	8/07	4,1	9/07	2,1	9/07
2019	5,8	1/07	8,2	23/07	8,3	22/07	5,7	29/07	5,2	29/07
2020	5,6	16/07	6,7	16/07 и 19/07	7,3	19/07	6,3	20/07	7,6	17/07
2021	4,0	8/07	6,0	09/07 и 10/07	4,8	9/07	5,0	03/07 и 9/07	5,3	3/07

Несмотря на то, что восприятие температуры является индивидуальным показателем, наиболее комфортные условия для человека наблюдаются при температуре воздуха 17–25 °С [Котлярова, 2020]. Такие условия характерны для летнего периода в степных и предгорных территориях республики.

Ширинский район, где расположено большинство озер республики, используемых для рекреации, а также центральная часть Хакасии в районе г. Абакана отличаются наиболее благоприятными температурными условиями для летних видов отдыха. По данным Росстата за летний период республику посещают не менее 250 тысяч человек, тогда как в сентябре эти показатели снижаются до нескольких десятков тысяч [Сайт государственного ... Российской Федерации, 2024].

В январе – самом холодном месяце года – средняя многолетняя температура воздуха колеблется по территории региона в пределах от  $-14,4^{\circ}\text{C}$  («Ненастная») до  $-18,9^{\circ}\text{C}$  («Большой Он») (рис. 3). В горных районах Хакасии средняя температура воздуха в январе составляет  $-11,3$  –  $-18,1^{\circ}\text{C}$  «Ненастная»;  $-13,6$  –  $-21,5^{\circ}\text{C}$  «Неожиданный»;  $-16,4$  –  $-23,4^{\circ}\text{C}$  «Большой Он», наблюдается ее снижение с севера на юг. В степной части –  $-10,1$  –  $-23,9^{\circ}\text{C}$  «Шира»,  $-11,5$  –  $-26,8^{\circ}\text{C}$  «Хакасский ЦГМС». Самый теплый январь в степной части Хакасии за исследуемый период был в 2015 году, когда среднемесячная температура поднималась до  $-10,1^{\circ}\text{C}$  («Шира»), в горно-таежной – в 2020 году ( $-12,0^{\circ}\text{C}$ ). В январе случались оттепели, при них температура повышалась до  $+6,8^{\circ}\text{C}$  (табл. 3).

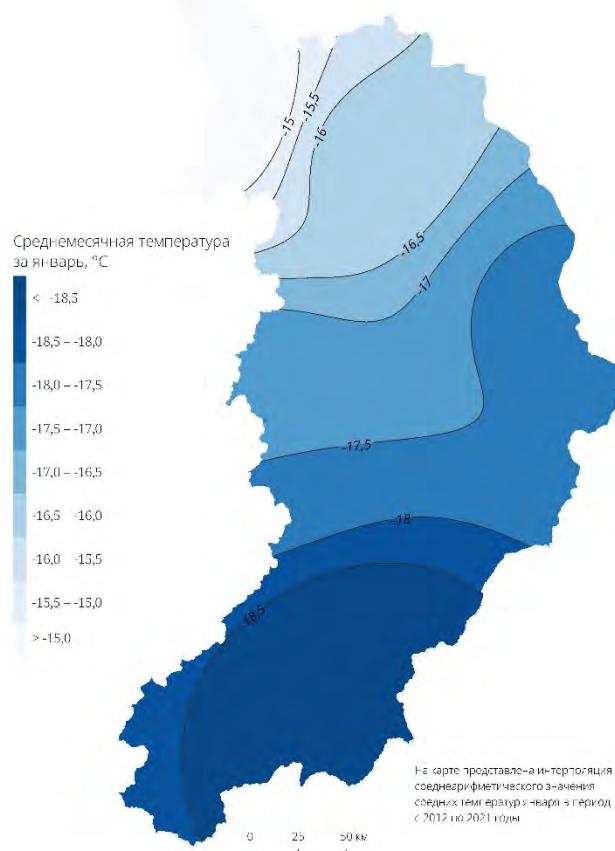


Рис. 3. Средняя температура января по основным метеостанциям Республики Хакасия  
Fig. 3. Average temperature of January at the main meteorological stations of the Republic of Khakassia

Абсолютный минимум январской температуры приходился на 2012 год (табл. 4). На метеостанции «Хакасский ЦГМС» 21 января этого года минимальный термометр показал  $-43,9^{\circ}\text{C}$ . В южной части республики минимум отмечен 26 января 2018 года ( $-39,2^{\circ}\text{C}$ ) на метеостанции «Большой Он». Благоприятный период для зимней рекреации в предгорных и горных районах республики достаточно длительный, он устанавливается с середины ноября и продолжается до конца марта.

Таблица 3  
 Table 3

Абсолютная максимальная температура января по основным метеостанциям  
 Республики Хакасия за период с 2012 по 2021 год  
 Absolute maximum temperature in January at the main meteorological stations  
 of the Republic of Khakassia from 2012 to 2021

Годы	«Ненастная»		«Шира»		«Хакасский ЦГМС»		«Неожиданный»		«Большой Он»	
	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата
2012	+1,9	3/01	-1,1	10/01	-3,2	1/01	-3,5	10/01	-4,8	9/01
2013	-0,6	26/01	+5,6	26/01	+3,0	26/01	+2,7	26/01	-1,9	26/01
2014	+0,3	14/01	+3,8	20/01	+0,5	1/01	-1,9	21/01	+0,2	21/01
2015	+4,3	9/01	+5,1	2/01	+2,0	21/01	-0,5	08/01 и 10/01	-2,6	18/01
2016	+6,8	23/01	-10,6	1/01	-9,9	1/01	-5,6	29/01	-9,6	18/01
2017	-2,5	29/01	+1,6	5/01	+3,7	5/01	0,0	5/01	-3,9	24/01
2018	-1,2	11/01	+0,6	12/01	-5,1	17/01	-5,4	12/01	-5,8	17/01
2019	+1,2	21/01	+3,8	20/01	-1,3	10/01	-2,3	22/01	-6,2	22/01
2020	-1,7	25/01	+3,7	25/01	-0,2	24/01	-1,0	26/01	-3,9	26/01
2021	+0,3	17/01	+1,8	18/01	+1,1	29/01	-2,6	29/01	0,0	29/01 и 30/01

Таблица 4  
 Table 4

Абсолютная минимальная температура января по основным метеостанциям  
 Республики Хакасия за период с 2012 по 2021 год  
 Absolute minimum temperature of January at the main meteorological stations  
 of the Republic of Khakassia from 2012 to 2021

Годы	«Ненастная»		«Шира»		«Хакасский ЦГМС»		«Неожиданный»		«Большой Он»	
	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата	T °C	дата
2012	-28,8	27/01	-39,6	30/01 и 31/01	-43,9	21/01	-38,4	20/01	-37,7	21/01
2013	-26,5	29/01	-32,0	2/01	-35,5	2/01 и 30/01	-35,6	30/01	-34,0	7/01
2014	-32,6	5/01	-30,3	31/01	-31,6	31/01	-37,2	06/01 и 31/01	-32,2	6/01
2015	-28,1	24/01	-30,4	26/01	-32,6	26/01	-39,4	26/01	-36,2	27/01
2016	-24,0	6/01	-33,5	29/01	-39,9	29/01	-34,4	3/01	-36,0	28/01 и 29/01
2017	-25,2	16/01 и 27/01	-31,9	28/01	-31,4	28/01	-30,2	29/01	-32,0	28/01
2018	-33,7	22/01	-39,4	21/01	-39,4	22/01 и 23/01	-40,2	25/01	-39,2	26/01
2019	-28,5	28/01 и 29/01	-31,5	5/01	-34,8	5/01	-35,1	4/01	-33,6	4/01
2020	-25,0	30/01	-29,4	12/01	-29,2	22/01	-31,2	12/01	-31,1	12/01
2021	-34,9	25/01	-36,1	26/01	-38,3	26/01	-38,3	3/01	-37,1	3/01

Современные изменения термических характеристик показывают увеличение среднегодовой температуры на территории Хакасии. Так в Южно-Минусинской котловине (центральная часть Хакасии, данные 1941–2000 гг.) наблюдается устойчивый положительный тренд среднегодовой температуры воздуха ( $0,03^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ), потепление происходит в большей степени за счет зимних, в меньшей степени весенних сезонов [Николаева, 2007].

При организации рекреационной деятельности очень важно учитывать режим светового дня, т. к. продолжительность солнечного сияния определяет возможности проведения рекреационных занятий. Выделяют комфортный инсоляционный режим для организации рекреационной деятельности, который характеризуется продолжительностью солнечного сияния 2000–2300 часов в течение года и дискомфортный – до 1700 часов и менее [Котлярова, 2020]. Из выбранных основных метеостанций, продолжительность солнечного сияния учитывается на трех: «Ненастная», «Шира», «Хакасский ЦГМС». Средняя продолжительность солнечного сияния по данным метеостанциям за период 2012–2021 гг. составляет более 1800 часов в год, максимальная обеспеченность световыми ресурсами зафиксирована Хакасской ЦГМС вблизи города Абакана – 2106,6 часов в год. В районе метеостанции «Ненастная» продолжительность солнечного сияния колеблется от 1598,6 до 2167,3 часов в год; метеостанции «Шира» – 1679,6–2084,6 часов в год; метеостанции «Хакасский ЦГМС» – 1963,4–2237,0 часов в год. На рассматриваемой территории увеличение числа часов солнечного сияния происходит с северо-запада на юго-восток (рис. 4). По сообщению Э.С. Яковенко и др. [2014], Хакасия находится в зоне оптимального режима ультрафиолетовой радиации, ультрафиолетовый дефицит отсутствует или длится не более одного месяца в середине зимы.

Существенными факторами, влияющими на потенциал развития зимних видов туризма, являются количество осадков и продолжительность залегания снежного покрова. Горные территории Хакасии относятся к избыточно влажным (Кузнецкий Алатау, северо-восточная часть Западного Саяна), влажным (восточная часть Кузнецкого Алатау, Западный Саян) и умеренно влажным (преимущественно районы Западного Саяна и его отроги до высот 1100–1500 метров над ур. м.). В избыточно влажных районах годовая сумма осадков достигает 1000 мм и более, во влажных районах данный показатель находится в пределах от 500 до 900 мм, умеренно влажных – 350 до 800 мм [Сухова, 2008]. Осредненные за 2012–2021 гг. годовые суммы осадков распределяются по территории Хакасии следующим образом (рис. 5): максимальное их количество выпадает в Кузнецком Алатау – 1591,0 мм («Ненастная»), 869,1 мм – («Неожиданный»); в предгорных зонах Западного Саяна – 612,8 мм («Большой Он»). Для межгорных котловин характерны более низкие годовые суммы осадков 366,2 мм («Шира»); 360,7 мм («Хакасский ЦГМС»). Такая же закономерность прослеживается для распределения осадков в холодный период (ноябрь – март): «Ненастная» – 636,9 мм, «Неожиданный» – 264,4 мм; «Большой Он» – 81,6 мм; «Шира» – 48,8 мм; «Хакасский ЦГМС» – 34,8 мм. Летом (июнь – август) наблюдается более равномерное распределение осадков с сохранением их максимума в горно-таежных районах: «Ненастная» – 340,9 мм, «Неожиданный» – 262,8 мм; «Большой Он» – 328,6 мм; «Шира» – 237,1 мм; «Хакасский ЦГМС» – 210,7 мм. В степной части республики формируются «аридные ядра» – наиболее засушливые территории, их образование связано с иссушающим воздействием фенов, оказывающих влияние на территорию, расположенную в «дождевой тени» подветренных склонов Кузнецкого Алатау. Горные хребты, обрамляющие равнинную часть Хакасии с запада, выступают барьером, задерживающим влажные воздушные массы западного переноса. Особенno ярко это проявляется в нагорье Кузнецкого Алатау, которое выступает мощным аккумулятором осадков. Поэтому равнинная часть республики относительно засушлива, а склоны Кузнецкого Алатау со стороны Кемеровской области будут более влажными, чем со стороны Республики Хакасия.

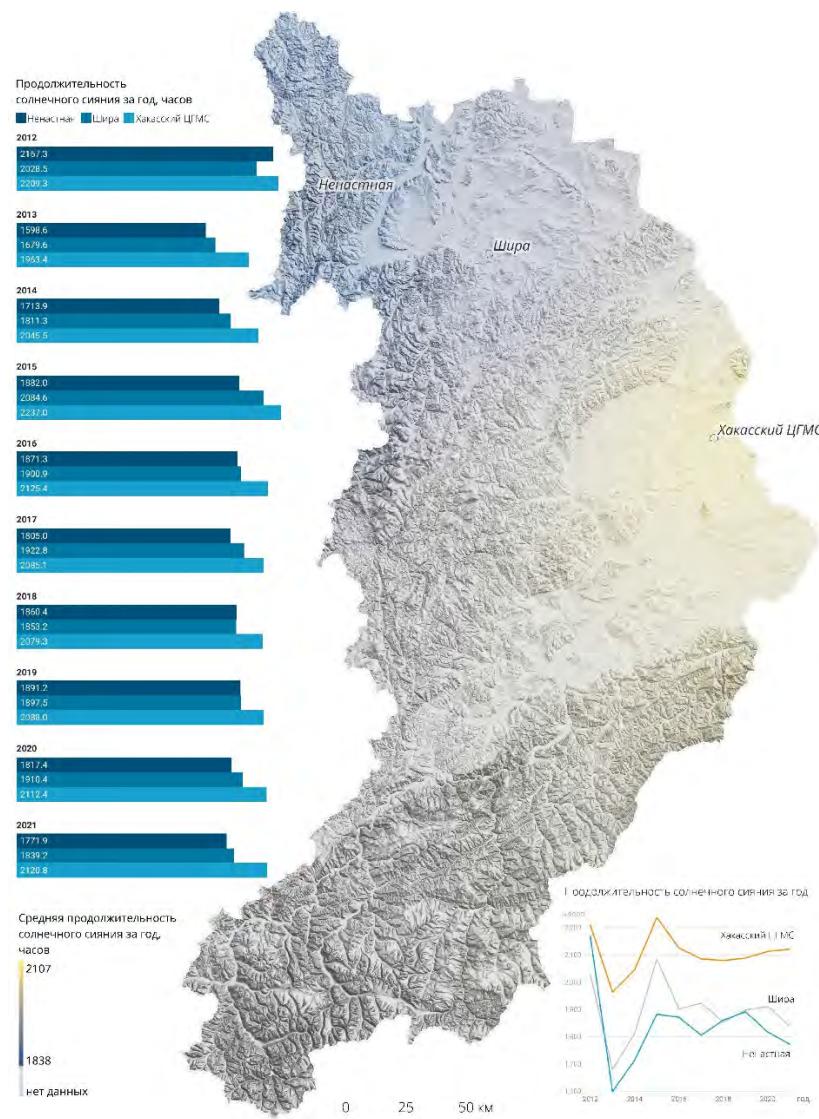


Рис. 4. Продолжительность солнечного сияния в Республике Хакасия по основным метеостанциям  
 Fig. 4. Duration of sunshine in the Republic of Khakassia at the main meteorological stations

Анализ динамики снежного покрова свидетельствует о более высоком рекреационном потенциале горных территорий Хакасии (рис. 6). Так, среднее значение общего числа дней со снежным покровом за 2012–2021 гг. распределено следующим образом: 248,6 дней в районе метеостанции «Ненастная»; 197,1 – «Неожиданный»; 166,0 – «Большой Он». В степной части Хакасии данные значения существенно ниже – 114,7–127,4 дней. Даты установления снежного покрова на метеостанции «Ненастная» приходятся в основном на вторую декаду сентября – первую декаду октября; на метеостанциях «Неожиданный» и «Большой Он» – на третью декаду октября – первую декаду ноября; на равнинных территориях – на вторую декаду ноября. Даты разрушения устойчивого снежного покрова приходятся на конец мая – начало июня на метеостанции «Ненастная», третью декаду апреля – первую декаду мая – «Неожиданный»; конец марта – первую декаду апреля «Большой Он». На равнинных территориях снег сходил с 21 февраля по 20 марта (2012–2021 гг.). Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова коррелируют с датами начала и окончания благоприятного для зимней рекреации периода в районе метеостанций «Неожиданный» и «Большой Он». Максимальная величина из средних значений высоты снежного покрова по данным снегосъемок за 2012–2021 гг. в первом полугодии составила 218,6 см («Ненастная»); 135,1 см («Неожиданный»); 48,0 см («Большой Он»); во втором полугодии – 126,3 см; 52,9 см; 26,6 см соответственно. Для метеостанций «Шира» и «Хакасский ЦГМС» в первом полугодии – 7,2 см и 13,8 см; во втором – 7,3 см и 10,8 см.

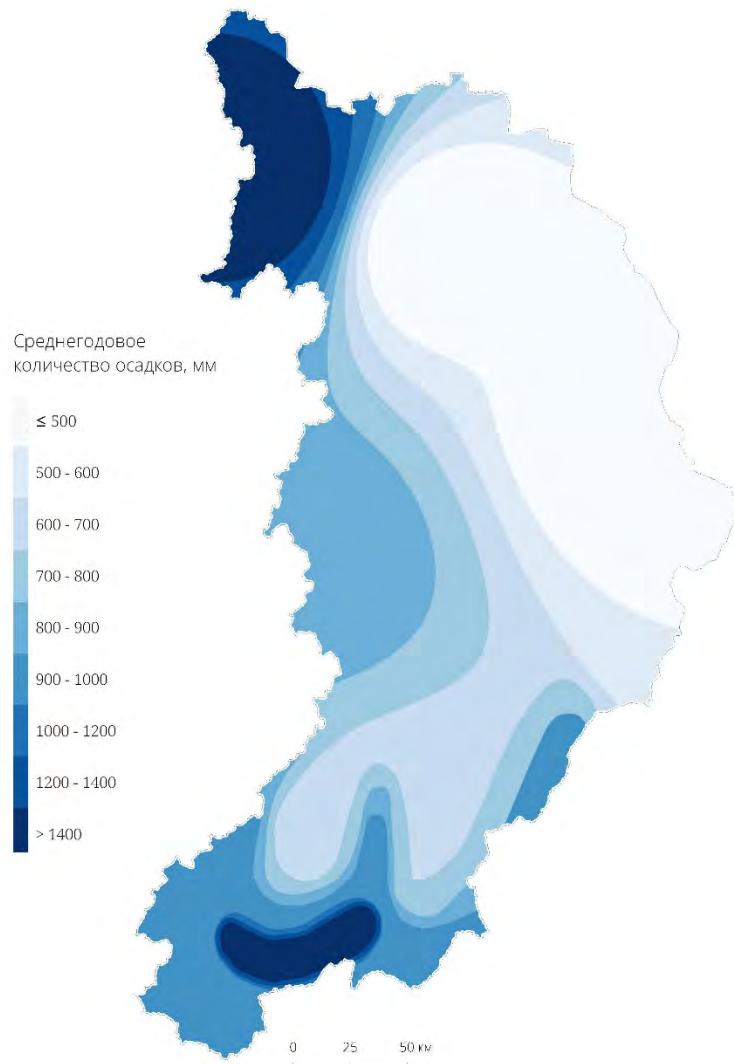


Рис. 5. Распределение среднегодового количества осадков по территории Республики Хакасия (2012–2021 гг.)

Fig. 5. Distribution of average annual precipitation over the territory of the Republic of Khakassia (2012–2021)

Сочетание орографических и климатических особенностей территории благоприятствуют организации зимних видов отдыха в многоснежных высокогорных районах Западного Саяна и Кузнецкого Алатау и их предгорьях с достаточно длительным горнолыжным сезоном. Он определяется продолжительностью залегания устойчивого снежного покрова и в горных районах Хакасии составляет в среднем 7 месяцев (ноябрь – май) и не уступает, к примеру, одному из самых популярных российских горнолыжных курортов – «Красная Поляна», где продолжительность сезона катания до 140 дней в году [Непомнящий и др., 2023а]. Привлекательные в туристском плане высокогорные районы Западного Саяна труднодоступны и заняты особо охраняемыми природными территориями, что накладывает дополнительные ограничения на их использование для горнолыжного и снегоходного туризма. Преимущество и наибольшие возможности имеют высокогорные районы Кузнецкого Алатау, но требуется значительный объем инвестиций для развития обеспечивающей инфраструктуры. Наиболее перспективными для туристско-рекреационного освоения и не имеющие существенных ограничений являются территории вблизи населенных пунктов Приисковый в Орджоникидзевском районе и Балыкса в Аскизском районе республики.

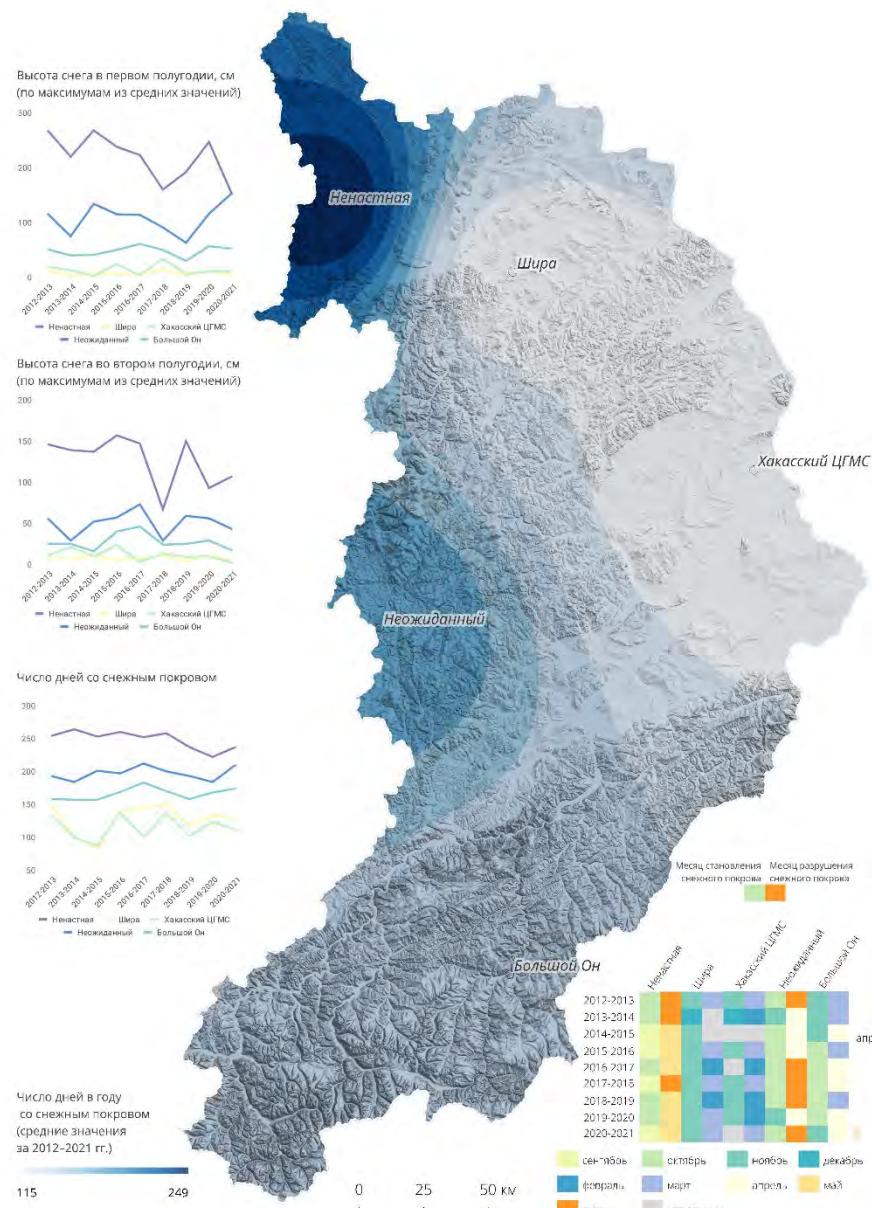


Рис. 6. Картограмма изменчивости снежного покрова в Республике Хакасия  
 Fig. 6. Cartogram of snow cover variability in the Republic of Khakassia

Как отмечают И.М. Школьник и др. [2022] в южных регионах Сибирского федерального округа, в число которых входит Хакасия, следует сделать акцент на развитии зимнего спортивного туризма (горнолыжного), т. к. в настоящее время здесь отмечается увеличение повторяемости числа дней, комфортных для этого вида рекреации, а к середине столетия, на фоне прогнозируемого здесь роста температур и количества осадков в зимний период, можно ожидать увеличения числа таких дней. Оценка трендов температуры воздуха в Сибирском регионе показала увеличение числа дней с температурой от  $-5$  до  $-10$   $^{\circ}\text{C}$  и рост числа дней с высотой снега более 20 см, что улучшает благоприятность условий зимнего туризма, отдыха и рекреации [Клюева, 2022].

Одним из подходов оценки комфортности климатических условий для выявления перспективных территорий для организации туризма и отдыха является анализ биоклиматических индексов, характеризующих в физическом отношении особенности тепловой структуры окружающей человека среды и являющихся косвенными индикаторами оценки ее состояния [Харламова и др., 2019]. Индексация климатических ха-

рактеристик не лишена субъективности (особенно их ранжирование по степени влияния на комфортность климата), но она позволяет проводить внутрирегиональные компартиативные исследования и выделять климатическую компоненту аттрактивности [Рыбак О.О., Рыбак Е.А., 2019].

Для зимнего периода нами были рассчитаны индексы холодового стресса, баллы суровости и коэффициенты жесткости погоды, где помимо температуры воздуха учитывается скорость ветра [Непомнящий и др., 2023 б]. Результаты расчетов индекса Бодмана для некоторых районов Хакасии приведены в табл. 5.

Таблица 5  
Table 5

Индекс суровости погоды Бодмана при среднем значении  $t$  и  $V$  (2012–2022 гг.)  
Bodman's weather severity index at mean  $t$  and  $V$  (2012–2022)

месяцы	«Ненастная»	«Шира»	«Хакасский ЦГМС»	«Неожиданный»	«Большой Он»
ноябрь	3,3	2,1	2,1	1,8	1,5
декабрь	3,4	2,2	2,2	2,0	1,8
январь	3,5	2,4	2,4	2,0	1,9
февраль	3,1	2,2	2,3	1,9	1,7
март	2,8	2,0	1,9	1,7	1,4

Согласно полученным данным, «суровые» зимы отмечены на метеостанции «Ненастная», где значение баллов суровости за календарный зимний период наблюдений составляет 3,1–3,5 балла. На протяжении всех зимних месяцев сохраняется отношение к данному классу суровости погоды, далее значение индекса уменьшается до 2,8 в марте. В.В. Севастьянов [2021] также делает заключение о неблагоприятных климатических и биоклиматических условиях для курортно-рекреационной деятельности в этой части Кузнецкого Алатау (за счет сокращения безморозного периода, числа дней с оптимальными погодами, значительной скорости ветра в зимние месяцы, увеличения продолжительности периода с устойчивым снежным покровом (более 200 дней) и значительной высоты снежного покрова).

«Малосуровые» зимы на участках метеостанций «Неожиданный» и «Большой Он», расположенных в Аскизском и Таштыпском районах республики. По данным метеостанций «Шира» и «Хакасский ЦГМС» зимы степных районов Хакасии характеризуются как «умеренно суровые».

Анализируя расчеты ветро-холодового индекса Сайпла-Пассела (табл. 6), установлено, что в районе центральной части хребта Кузнецкого Алатау (северо-западная часть Хакасии) теплоощущения человека оцениваются как «жестко холодно» (метеостанция «Ненастная»); в Ширинском районе и центральной части Хакасии – «очень холодно»; южнее – в отрогах Кузнецкого Алатау (метеостанция «Неожиданный») – «холодно»; в предгорьях Западного Саяна (метеостанция «Большой Он») – «прохладно».

Коэффициент жесткости погоды Арнольди не только отражает степень суровости зимних условий, но и позволяет определять потребности человека в одежде, которая обеспечивает ему тепловой комфорт при нахождении на открытом воздухе. Согласно значениям данного коэффициента, напряжение аппарата терморегуляции «среднее» для всех метеостанций (в пределах календарной зимы), кроме февральских показателей на метеостанции «Большой Он», где коэффициент жесткости составил 14,74 – «слабое» (табл. 7). В течение изучаемого периода наиболее высокими коэффициентами Арнольди отличалась метеостанция «Ненастная», где среднее напряжение аппарата терморегуляции отмечено для ноября и марта.

Таблица 6  
 Table 6

Индекс Сайпла-Пассела при среднем значении  $t$  и  $V$  (2012–2022 гг.)  
 Siple-Passel's wind-chill index at mean  $t$  and  $V$  (2012–2022)

месяцы	«Ненастная»	«Шира»	«Хакасский ЦГМС»	«Неожиданный»	«Большой Он»
ноябрь	1212	936	925	829	693
декабрь	1251	1009	1009	900	726
январь	1285	1061	1063	917	774
февраль	1206	1013	1023	874	774
март	1089	889	858	794	679

Таблица 7  
 Table 7

Коэффициент жесткости погоды Арнольди при среднем значении  $t$  и  $V$  (2012–2022 гг.)  
 Arnoldi's weather severity coefficient at the mean  $t$  and  $V$  (2012–2022)

месяцы	«Ненастная»	«Шира»	«Хакасский ЦГМС»	«Неожиданный»	«Большой Он»
ноябрь	20,56	11,78	11,18	11,00	9,84
декабрь	22,00	16,44	16,90	17,08	17,36
январь	23,32	19,44	20,48	18,92	19,34
февраль	20,64	17,10	17,94	16,02	14,74
март	16,10	9,28	8,04	7,68	5,10

На территории Республики Хакасия наиболее суровые условия в зимний период отмечаются большей частью в январе благодаря сочетанию низких температур и сильных ветров. Значения индекса Бодмана увеличиваются с юга на север, а зимы на основании данного индекса характеризуются как «малосуровые», «умеренно суровые» и «суровые». Биометеорологическая оценка погодных условий в зимний период по индексу Сайпла-Пассела показывает диапазон теплоощущений от «прохладно» до «жестко холодно», с максимальными значениями данного параметра в северной части Хакасии.

Проведенный анализ пространственно-временной изменчивости индекса Арнольди согласуется с данными, полученными на основе анализа распределения индексов Бодмана и Сайпла-Пассела. Таким образом, наиболее суровые зимние условия отмечены на метеостанции «Ненастная» в Орджоникидзевском районе, а наиболее благоприятные – в районе метеостанции «Большой Он» в Таштыпском районе и метеостанции «Неожиданный» в Аскизском районе Республики Хакасия. Ранее также было отмечено, что повторяемость оптимальных, удовлетворительных и неблагоприятных для целей рекреации зимних погод на метеостанции «Неожиданный» составляла 31 %, 34 %, 35 % соответственно [Луковская и др., 2012].

Объективно оценивать влияние горных климатов на тепловое состояние человека и климато-рекреационные условия следует с учетом высотного положения ландшафтных зон и микроклиматических особенностей [Севастьянов, Сухова, 2022], что предстоит сделать при создании новых горных туристско-рекреационных комплексов в Хакасии.

### Заключение

Особенности географического положения Республики Хакасия и орографические факторы способствует формированию разнообразных климатических условий, благоприятных для организации широкого спектра видов рекреации и отдыха, а также специализации территории.

Так, горные территории Кузнецкого Алатау формируют четкую туристскую специализацию горнолыжного туризма, фрирайда и снегоходного туризма. Тогда как, в Западном Саяне больше распространены экологический туризм, сплавы и пешие путешествия.

Наиболее благоприятной для климатолечения является равнинная часть республики в пределах Южно-Минусинской котловины. Степные и лесостепные территории Чулымо-Енисейской котловины по совокупности показателей: солнечного излучения, суммы температур за летний период, циркуляции атмосферы, осадкам, уступают в потенциале более южным территориям. В целом климатические условия летнего периода делают Хакасию доступной для рекреационного и лечебно-оздоровительного туризма.

Высокие показатели солнечного сияния, температуры воздуха, наличие аридных ядер создают благоприятные условия для прогрева температуры воды большого количества минерализованных озер, характерных для степной части Республики Хакасия. Все эти обстоятельства создают «взрывные» волны туристской активности. Благоприятные климатические условия летнего периода в сочетании с транспортной доступностью делают территорию чрезвычайно популярной в летний период среди соседних субъектов, не имеющих таких условий. Таким образом, в регионе летом сформирована четкая сезонная туристская специализация – купально-пляжный отдых.

В зимний сезон большинство популярных туристских направлений в Хакасии становятся менее привлекательными. Однако природно-климатические условия региона располагают к развитию здесь зимних видов отдыха, таких как снегоходный и горнолыжный туризм. Горные территории Западного Саяна и особенно Кузнецкого нагорья обладают существенным потенциалом для организации зимних видов отдыха, кроме того продолжительность благоприятных условий для организации зимних видов отдыха в горных территориях (количество осадков и продолжительность залегания снежного покрова) существенно превышает короткий период активной летней рекреации в степной части Республики Хакасия.

Распределение рассчитанных значений ветро-холодовых индексов показало, что для рекреационной деятельности в зимний период наибольшей комфортностью погодных условий отличаются предгорные зоны Западного Саяна и южной части Кузнецкого Алатау.

Северо-восточные макросклоны Кузнецкого Алатау характеризуются наилучшими показателями снежного покрова для организации зимних видов отдыха, а отсутствие существенных ограничений по использованию территории (наличие ООПТ и др.) создают благоприятные условия для частных инвестиций. В аспекте климатических изменений территория республики также будет привлекательна для зимних видов рекреации.

При оценке природных условий с точки зрения рекреационных ресурсов, для планирования туристских маршрутов и потоков необходимы оценочные и документальные климатические карты, построенные на основе многолетних данных. В настоящей работе представлены карты отдельных климатических показателей. Создание комплексных климатических карт для горнолыжного, пляжного, экскурсионного туризма на территории республики – одна из перспективных задач на ближайшие годы.

### Список источников

- Атлас Республики Хакасия. 1999. Отв. ред. Н.С. Овчинникова. 1:1750000. Омск, Омская картографическая фабрика, 32 с.
- Котлярова О.В. 2020. Теория и методология рекреационной географии. Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 128 с.
- Кусков А.С., Лысикова О.В. 2004. Курортология и оздоровительный туризм. Ростов-на-Дону, Феникс, 317 с.
- Русанов В.И. 1981. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск, Изд-во Томского университета, 86 с.
- Сайт государственного комитета статистики Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm> (дата обращения 11.11.2024).

## Список литературы

- Андрюшин И.Б., Вальцева Е.А., Мешков Н.А. 2019. Оценка общей комфортности климата на территории Поволжья, Республики Алтай и Республики Хакасия. Гигиена и санитария, 98(11): 1212–1215. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1212-1215>
- Клюева М.В. 2022. Влияние изменений климата на туризм в России. Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Войкова, 605: 5–24.
- Луковская И.А., Севастьянов В.В., Сухова М.Г. 2012. Климато-рекреационные ресурсы Кузнецкого Алатау. Вестник Томского государственного университета, 354: 205–209.
- Мистрюков А.А. 1991. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 130 с.
- Непомнящий В.В., Афанасьева А.О., Соломонов В.В. 2023а. Современное состояние и перспективы развития зимних видов отдыха в Республике Хакасия. География и туризм, 1(11): 66–72.
- Непомнящий В.В., Макеева Е.Г., Оськина Н.А. 2023б. Оценка степени суровости зимних погодных условий Республики Хакасия для рекреационных целей. Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, 3(45): 155–160.
- Никифорова М.П. 2019. Методологические аспекты отраслевого (частного) рекреационного районирования. В кн.: Проблемы и перспективы развития туризма в Южном федеральном округе. Симферополь, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»: 42–46.
- Николаева З.Н. 2007. Некоторые закономерности современных изменений гидротермических характеристик в Южно-Минусинской котловине. Вестник КрасГАУ, 1: 71–75.
- Рыбак О.О., Рыбак Е.А. 2019. Туризм и климат: примеры использования метеорологической информации для оценки туристской привлекательности регионов. В кн.: Российские регионы рекреационно-туристской специализации: состояние, проблемы, перспективы развития. Под ред. О.О. Рыбака, А.В. Волкова. Сочи, типография «Оптима»: 328–366.
- Севастьянов В.В. 2021. Интегральная оценка климато-рекреационных ресурсов в Кузнецко-Салаирской области в современный период. В кн.: Динамика и взаимодействие геосфер Земли. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле, Томск, 08–12 ноября 2021. Томск, Изд-во Томского ЦНТИ: 195–198.
- Севастьянов В.В., Сухова М.Г. 2022. Рекреационно-климатические ресурсы – важнейший фактор устойчивого развития туризма в Республике Алтай. В кн.: Туризм как фактор устойчивого развития региона. Материалы Международной научно-практической конференции, Горно-Алтайск, 10–11 февраля 2022. Горно-Алтайск, Библиотечно-издательский центр Горно-Алтайского государственного университета: 73–77.
- Сухова М.Г. 2008. Биоклиматы лесных ландшафтов Алтая-Саянской горной страны. Проблемы региональной экологии, 6: 168–171.
- Танзыбаев М.Г. 1993. Почвы Хакасии. Новосибирск, Наука, 256 с.
- Харламова Н.Ф., Акимов О.С., Курепина Н.Ю., Дунец А.Н. 2019. Климатические ресурсы как фактор рекреационной привлекательности основных дестинаций лечебно-оздоровительного туризма Алтайского края. Известия Алтайского отделения Русского Географического Общества, 4 (55): 25–35. <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2019-15503>
- Школьник И.М., Акентьева Е.М., Клюева М.В., Стадник В.В., Хлебникова Е.И., Фасолько Д.В., Разова Е.Н., Рудакова Ю.Л., Павлова В.Н. 2022. Федеральные округа России: изменение климата и экономика. Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Войкова, 604: 55–201.
- Яковенко Э.С., Джабарова Н.К., Фирсова И.А. 2014. Перспективы освоения курортно-рекреационного потенциала Восточной Сибири. Курортная медицина, 2: 11–17.

## References

- Andryushin I.B., Valtseva E.A., Meshkov N.A. 2019. Evaluation of the General Climate Comfort in the Volga Region, the Republic of Altai and the Republic of Khakassia. Hygiene and Sanitation, 98(11): 1212–1215 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1212-1215>

- Klueva M.V. 2022. The Impact of Climate Change on Tourism in Russia. Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory, 605: 5–24 (in Russian).
- Lukovskay I.A., Sevastianov V.V., Sukhova M.G. 2012. Climatic and Recreational Resources of the Kuznetsky Alatau. Tomsk State University Journal, 354: 205–209 (in Russian).
- Mistryukov A.A. 1991. Geomorfologicheskoe rayonirovanie Nazarovsko-Minusinskoy mezhgornoy vpadiny [Geomorphological Zoning of Nazarovo-Minusinsk Intramontain Basin]. Novosibirsk, Publ. United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences of the Soviet Union, 130 p.
- Nepomnyashchy V.V., Afanaseva A.O., Solomonov V.V. 2023a. The Modern State and Prospects for the Development of Winter Recreation in the Republic of Khakassia. Geography and Tourism, 1(11): 66–72 (in Russian).
- Nepomnyashchy V.V., Makeeva E.G., Oskina N.A. 2023b. Assessment of the Severity of Winter Weather Conditions in the Republic of Khakassia for Recreational Purposes. Bulletin of the Katanov Khakass State University, 3(45): 155–160 (in Russian).
- Nikiforova M.P. 2019. Metodologicheskiye aspeky otrazhennogo (chastnogo) rekreatsionnogo rayonirovaniya [Methodology's Features of Uniform Recreational Zoning]. In: Problemy i perspektivy razvitiya turizma v Yuzhnom federalnom okruse [Problems and prospects of tourism development in the Southern federal district]. Simferopol, Publ. V.I. Vernadsky Crimean Federal University: 42–46.
- Nikolaeva Z.N. 2007. Nekotorye zakonomernosti sovremennoykh izmeneniy gidrotermicheskikh kharakteristik v Yuzhno-Minusinskoy kotlovine [Some Regularities of Modern Changes in Hydrothermal Characteristics in South Minusinsk Basin]. Bulletin of KrasGAU, 1: 71–75.
- Rybak O.O., Rybak E.A. 2019. Turizm i klimat: primery ispol'zovaniya meteorologicheskoy informatsii dlya otsenki turistskoy privlekatel'nosti regionov [Tourism and Climate: Examples of Using Meteorological Information to Assess the Tourist Attractiveness of Regions]. In: Rossiyskiye regiony rekreatsionno-turistskoy spetsializatsii: sostoyaniye, problemy, perspektivy razvitiya [Russian Regions of Recreation and Tourism Specialization: State, Problems, Prospects of Development]. Ed. by O.O. Rybak, A.V. Volkov. Sochi, Publ. Optima: 328–366.
- Sevastyanov V.V. 2021. Integral'naya otsenka klimato-rekreatsionnykh resursov v Kuznetsko-Salairskoy oblasti v sovremenyy period [Integral Assessment of Climatic and Recreational Resources in the Kuznetsk-Salair Region in the Modern Period]. In: Dinamika i vzaimodeystviye geosfer Zemli [Dynamics and Interaction of the Earth's Geospheres]. Proceedings of the All-Russian conference with international participation, Tomsk, 08–12 November 2021. Tomsk, Publ. CETI: 195–198.
- Sevastyanov V.V., Sukhova M.G. 2022. Recreation and Climate Resources as the Most Important Factors of Sustainable Development of Tourism in Altai Republic. In: Tourism as a Factor of Sustainable Development of the Region. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Gorno-Altaisk, 10–11 February 2022. Gorno-Altaisk, Publ. Library of the Gorno-Alta State University: 73–77 (in Russian).
- Suchova M.G. 2008. Bioklimates of Timber Landscape Altai-Sayany Mountain Country. Regional Environmental Issues, 6: 168–171 (in Russian).
- Tanzybaev M.G. 1993. Pochvy Khakassii [Soils of Khakassia]. Novosibirsk, Publ. Nauka, 256 p.
- Kharlamova N.F., Akimov O.S., Kurepina N.Yu., Dunetc A.N. 2019. Climatic Resources as a Factor of Recreational Attractiveness of Major Destinations of Health Tourism in Altai Krai. Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society, 4(55): 25–35 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2410-1192-2019-15503>
- Shkolnik I.M., Akentyeva E.M., Klueva M.V., Stadnik V.V., Khlebnikova E.I., Fasolko D.V., Razova E.N., Rudakova Yu.L., Pavlova V.N. 2022. Federal Districts: Climate Change and Economy. Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory, 604: 55–201 (in Russian).
- Yakovenko E.S., Dghabarova N.K., Firsova I.A. 2014. Prospects of Development of Resort and Recreational Capacity of Eastern Siberia. Resort medicine, 2: 11–17 (in Russian).

Поступила в редакцию 21.01.2025;  
поступила после рецензирования 01.03.2025;  
принята к публикации 09.03.2025

Received January 21, 2025;  
Revised March 01, 2025;  
Accepted March 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 АВТОРАХ

**Непомнящий Виктор Владимирович**, кандидат географических наук, директор, Государственный природный биосферный заповедник «Хакасский», г. Абакан, Россия

**Макеева Евгения Геннадьевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Государственный природный биосферный заповедник «Хакасский»; доцент кафедры биологии Института естественных наук и математики, Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Victor V. Nepomnyaschiy**, Candidate of Geographical Sciences, director of Khakassky State Nature Biosphere Reserve, Abakan, Russia

**Evgeniia G. Makeeva**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of Khakassky State Nature Biosphere Reserve; Associate Professor of the Department of Biology, Institute of Natural Sciences and Mathematics of Katanov Khakass State University, Abakan, Russia

УДК 913(4):551  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-337-349  
EDN PNKFOM

## Оценка туристско-климатического потенциала территории Северо-Казахстанской области

**Седельников И.А., Мажитова Г.З.**

Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаяева  
Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86  
igor\_sko\_kz\_94@mail.ru, mazhitova\_gulnur@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию и оценке благоприятности биоклиматических условий территории Северо-Казахстанской области (СКО) с позиций возможности развития туристско-рекреационной отрасли. Оценка выполнялась на основе расчета и анализа пространственно-временной изменчивости туристического климатического индекса (ТКИ). В исследовании использованы данные основных метеорологических характеристик по 12 репрезентативным метеостанциям области за период 2000–2024 гг. В ходе исследования применен комплекс методов, включая сравнительно-географический, математико-статистический анализ, ГИС-картирование и др. Выявлено, что распределение значений ТКИ по территории СКО имеет в целом относительно однородный характер, однако варьирует по сезонам года. В холодный период на большей части территории области значение ТКИ варьирует от «неприемлемого» до «экстремально неблагоприятного» уровня комфорtnости (от –2 до 14). В теплый период показатель ТКИ составляет 58–78 и соответствует «очень хорошему» и «хорошему» уровню. Величина ТКИ на территории региона, с учетом температурного инварианта, зависит от изменения метеорологических параметров: атмосферных осадков и скорости ветра. Предложены летние и зимние виды туристско-рекреационной деятельности, соответствующие определенным значениям ТКИ.

**Ключевые слова:** метеорологические данные, Северо-Казахстанская область, туристический климатический индекс, туристско-рекреационная деятельность, комфортность

**Для цитирования:** Седельников И.А., Мажитова Г.З. 2025. Оценка туристско-климатического потенциала территории Северо-Казахстанской области. Региональные геосистемы, 49(2): 337–349. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-337-349 EDN: PNKFOM

## Assessment of the Tourist and Climatic Potential of the North Kazakhstan Region

**Igor A. Sedelnikov, Gulnur Z. Mazhitova**

M. Kozybayev North Kazakhstan University  
86 Pushkin St, Petropavlovsk 150000, Kazakhstan  
igor\_sko\_kz\_94@mail.ru, mazhitova\_gulnur@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study and assessment of favorable bioclimatic conditions in the North Kazakhstan region (NKR) in terms of developing the tourism and recreational industry. The authors present the results of the region's bioclimatic assessment based on the tourist climate index (TCI) calculations. The index was calculated, and its spatial and temporal variability was analyzed for the period 2000–2024. The study used meteorological and climatic data from 12 representative weather stations in the region. The research was carried out using methods of mathematical statistics, comparative analysis, and geoinformation mapping. It has been revealed that the distribution of TCI values across the

NKR is generally relatively homogeneous but varies by season. During the cold season, the TCI value in most of the region varies from -2 to 14, which corresponds to "unacceptable" and "extremely unfavorable" comfort levels. In summer, the TCI value varies from 58 to 78, ranging from "very good" to "good" comfort level. The value of TCI in the region, taking into account the temperature invariant, depends on changes in meteorological and climatic parameters: precipitation and wind speed. The obtained estimates of the TCI made it possible to determine the potential of the NKR climate for the development of tourist and recreational activities, identify the seasons of the year when this indicator is high enough, and analyze its spatial and temporal changes within the territory under consideration. Summer and winter types of tourist and recreational activities are proposed, corresponding to certain values of the TCI.

**Keywords:** meteorological data, North Kazakhstan region, tourist climate index, tourist and recreational activities

**For citation:** Sedelnikov I.A., Mazhitova G.Z. 2025. Assessment of the Tourist and Climatic Potential of the North Kazakhstan Region. *Regional Geosystems*, 49(2): 337–349 (in Russian).

DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-337-349 EDN: PNKFOM

## Введение

Развитие туризма основывается, в первую очередь, на учете привлекательности и оздоровительного потенциала природных условий регионов в различные сезоны года. Известно, что важнейшей ресурсной базой рекреационно-туристской отрасли является климат. Рекреационный потенциал климата определяют совместное действие погодно-метеорологических характеристик. Изучение и оценка климатических условий и ресурсов с позиций их благоприятности и потенциала является неотъемлемым этапом эффективного планирования и организации туристско-рекреационной сферы деятельности.

Объектом исследования выбрана территория Северо-Казахстанской области (СКО), региона в составе Северного Казахстана – крупного природно-хозяйственного района Казахстана, значение и роль которого многократно возросли после переноса в 1997 году столицы в г. Акмола (нынешняя Астана), ранее становившегося объектом аналогичного исследования [Pashkov et al., 2023]. СКО имеет достаточно высокий потенциал для развития внутреннего туризма, обладая необходимыми для этого природными рекреационными ресурсами (озера, лечебные грязи и др.), характеризуется высоким уровнем привлекательности и рекреационным потенциалом природных ландшафтов за счет их экотонизации [Mazhitova et al., 2018]. Регион отличает чрезвычайно выгодное экономико-географические положение: протяженная граница с РФ, близость столичного региона (Акмолинская область, г. Астана), развитая транспортная сеть (через территорию проходят Транссибирская, Среднесибирская и Трансказахстанская железнодорожные магистрали, автотрассы международного и республиканского значения). Тем не менее, СКО выделяется среди других регионов республики мизерными показателями развития туристско-рекреационной отрасли: на долю данного сектора экономики приходится лишь 1 % от валового регионального продукта [Официальный сайт управления ..., 2025]. Одним из путей решения данной проблемы является продолжение всестороннего изучения особенностей биоклиматических условий СКО [Пашков, Мажитова, 2016; Мажитова, Пашков, 2017; Тупов, Королева, Пашков, 2023] и оценка их потенциала для обоснованного определения видов рекреации и туризма, наиболее соответствующих региональным и местным особенностям климата, целесообразных для дальнейшего развития.

Вопросы изучения региональных особенностей климата и оценки его потенциала для развития туризма, рекреации изучены в многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов [Преображенский, Шеломов, 1967; Веденин, Мирошниченко, 1969; Steadman, 1979a, b; Мироненко, Твердохлебов, 1981; Mieczkowski, 1985; Steadman, 1994; Архипова и

др., 2005; Шабалина, 2009; Кружалин и др., 2014]. Данные исследования посвящены рассмотрению климатических условий различных регионов, разработке и апробации подходов оценки их потенциала и комфортности (степени благоприятности) для развития туристско-рекреационной деятельности. Расчет и динамика биоклиматических показателей комфорта природной среды, пространственно-временной анализ туристического климатического индекса (ТКИ) различных регионов представлены в трудах Ю.П. Переведенцева, выявившего и доказавшего зависимость ТКИ от циркуляционных процессов [Переведенцев, Шумихина, 2016; Парубова, Переведенцев, 2022].

Цель исследования: провести оценку степени благоприятности биоклиматических условий территории СКО на основе расчета и пространственно-временного анализа ТКИ.

## Объекты и методы исследования

Определение биоклиматического потенциала территории основывалось на анализе комплекса метеорологических характеристик и параметров: солнечная радиация (интенсивность), атмосферное давление (мм. рт. ст.), температура воздуха (максимальная, минимальная, средняя месячная, годовая, °C), скорость ветра (м/с), влажность (относительная, %). В исследовании использованы данные основных метеорологических характеристик по 12 метеостанциям области за период 2000–2024 гг. Необходимые для расчета данные получены из фонда Филиала РГП «Казгидромет по СКО» [Официальный сайт Казгидромет, 2025].

Для оценки биоклиматических ресурсов, среди разработанных индексов отечественными и зарубежными авторами, активно используются те индексы, которые в своей основе содержат комплекс метеопоказателей. Например, индекс эффективной температуры (ЭТ) [Houghton, Yaglou, 1923; Missenard, 1933; Missenard, 1937], где задействованы температура воздуха и относительная влажность. Индекс эквивалентно-эффективной температуры (ЭЭТ) [Айзенштадт, 1964] включает в себя не только температуру воздуха и относительную влажность, но и скорость ветра. К индексу радиационно-эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ) [Головина, Трубина, 1997] ко всему выше перечисленному добавляется еще и солнечная радиация.

К активно используемым комплексным индексам для определения потенциала развития туризма можно также отнести индекс суховости Бодмана, индекс ветрового охлаждения, клинический индекс патогенности погоды (КИП или ИПП), индекс жесткости погоды [Кобышева и др., 2008], универсальный температурный климатический индекс (УТКИ), [Błażejczyk et al., 2010; Błażejczyk et al., 2012], туристический климатический индекс [Mieczkowski, 1985] и др.

Однако не все индексы являются универсальными и не могут быть адаптированы для изучения и оценки биоклиматической комфортности любого региона. Следует учитывать региональные и местные особенности природно-климатических условий исследуемой территории. Некоторые из них имеют субъективный характер. Поэтому нами для определения биоклиматических условий территории СКО и степени их благоприятности выполнены расчеты туристического климатического индекса (ТКИ). Выбор данного индекса обусловлен тем, что при его расчете основной акцент отводится анализу и учету температурных параметров климата, скорости ветра. Данные параметры на территории СКО отличаются значительными суточными и сезонными колебаниями, характером пространственно-временной изменчивости [Седельников, Смагулова, 2023] и выступают одними из ведущих в формировании климата региона.

Расчет ТКИ производился по формуле (1), предложенной З. Мечковским [Mieczkowski, 1985]

$$ТКИ = 2 \times (4 \times TДси + 2 \times Cси \times Oси + TСси + Bси), \quad (1)$$

где  $TKI$  – туристический климатический индекс, балл;  $TDSi$  – температурный дневной субиндекс, балл;  $TCsi$  – температурный суточный субиндекс, балл;  $Csi$  – солнечный субиндекс, балл;  $Osi$  – осадочный субиндекс, балл;  $Bsi$  – ветровой субиндекс, балл.

Туристический климатический индекс включает не просто отдельные метеопараметры, а состоит из комплекса субиндексов, которые представляют их сочетания.

Температурный дневной субиндекс ( $TDSi$ ) отражает условия тепловой комфортности в период с максимальной активностью туристов. Для расчета данного индекса использованы следующие показатели: максимальная температура за день, относительная влажность, скорость ветра.

Температурный суточный субиндекс характеризует температурный комфорт на протяжении суток. Расчет субиндекса проводился по среднесуточным данным по формуле (2) эффективной температуры ( $\mathcal{E}T$ ) или эквивалентно-эффективной температуры ( $\mathcal{E}\mathcal{E}T$ ) [Missenard, 1933]:

$$\mathcal{E}T(\mathcal{E}\mathcal{E}T) = 37 - ((37 - Ta) / (0,68 - 0,0014 \times BB + 1 / (1,76 + 1,4 \times v \times 0,75))) - 0,29 \times Ta \times (1 - 0,01 \times BB), \quad (2)$$

где  $Ta$  – температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $BB$  – относительная влажность воздуха, %;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Солнечный субиндекс ( $Csi$ ) указывает на длительность солнечного сияния за сутки, т. е. продолжительность светового дня. Субиндекс определяется разностью между временем заката и восхода солнца для каждого дня года с учетом широты местности и склонения солнца. Для его расчета использована формула (3)

$$Ts = 12 + \frac{\pi}{\pi} \arccos \left( \frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right), Tr = 12 - \frac{\pi}{\pi} \arccos \arccos \left( \frac{-\sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right), \quad (3)$$

где  $Ts$  – время заката,  $Tr$  – время восхода,  $\varphi$  – широта местности,  $\delta$  – склонение солнца.

Субиндекс осадков ( $Osi$ ) определялся посредством умножения количества осадков за день на число дней с осадками в месяц.

Расчет субиндекса ветра ( $Bsi$ ) проводился по формуле (4)

$$OB = \sqrt{(100 \times v + 10,45 - v) \times (33 - Ta) \times 1,162}, \quad (4)$$

где  $Ta$  – температура атмосферного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Каждому субиндексу присваивался балл, характеризующий климатическую привлекательность. Для оценки принятая следующая градация: максимальное значение 5 баллов, минимальное – 3 балла. Величина баллов субиндексов определена на основе эмпирических данных исследований, посвященных физиологии человека, курортологии, а также анализа туристических предпочтений рекреантов. Вклад субиндексов в значение индекса ТКИ неравнозначный. Наибольший вес (40 % от общего значения ТКИ) имеют субиндекс дневного комфорта, индекс суточного комфорта (2) – 10 %. Количество осадков и количеству солнечного света придаются вторые по величине веса. Солнечному субиндексу (3) и субиндексу осадков присвоен вес 20 % от ТКИ. Субиндекс ветра (4) составляет 10 % от величины ТКИ).

Для определения ТКИ значения всех составных его компонентов (субиндексов) суммировались, полученный результат умножался на два.

Следующим этапом являлось проведение группировки полученных результатов ТКИ. Для этого использована общепринятая классификация [Scott, McBoyle, 2001; Scott, Lemieux, 2010], успешно апробированная в наших предыдущих исследованиях [Пашков, Седельников, 2023; Pashkov et al., 2023], согласно которой максимальными 100 баллами характеризуются территории с «идеальной климатической привлекательностью». Территории, имеющие отрицательный показатель ТКИ (-9), соответствуют категории «неприемлемый», что делает рекреационную деятельность невозможной.

## Результаты и их обсуждение

Климат СКО характеризуется рядом специфических особенностей, что непосредственно влияет на комфортность проживания населения и туристско-климатический потенциал региона. К основным факторам, обуславливающим такие особенности, относятся: внутриконтинентальное географическое положение и связанный с ним характер атмосферной циркуляции, равнинный тип морфоструктур поверхности. В совокупности это обуславливает аномально холодный климат для данных широт, с неравномерным внутригодовым и межгодовым распределением осадков, резкими перепадами температур, континентальность климата (по Л. Горчинскому, индекс континентальности варьирует от 59,1 до 70).

Полуденная высота Солнца на протяжении года изменяется на севере СКО от 11°36' до 58°24', тогда как на юге – от 19°36' до 66°24'. Продолжительность дня варьирует на севере от 7 часов 5 минут до 17 ч. 17 мин., на юге – от 8 ч. 18 мин до 16 ч 00 мин.

Среднегодовая температура на территории области имеет плюсовые значения (1,9 °C). Температура самого холодного месяца (январь) варьируется в пределах от –15 °C до –17 °C, а самого теплого (июль) 19–20 °C. Среднемноголетняя температура летнего сезона с севера на юг меняется от 18,1 °C до 19,3 °C. Средняя многолетняя температура зимнего сезона составляет (–16,8 °C), а перепад температуры с севера на юг составляет 1,3 °C. Осеню средняя многолетняя температура равняется 2,7 °C, а перепад достигает порядка 1,0 °C.

Для весеннего периода она составляет 3,1 °C (перепад 1,3 °C). Северо-восток области является наиболее холодным, тогда как южно-восточная часть области, наоборот, считается теплой и засушливой.

Пространственная неоднородность территории области отмечается и по среднегодовому количеству осадков: в пределах засушливой степи (Уалихановский район) фиксируется на уровне 325 мм, увеличиваясь до 390 мм к северу южнолесостепной зоны (Кызылжарский район) и достигая максимума на юго-западе в пределах сопочной лесостепи (Айыртауский район) – 400 мм. Однако наиболее вариабельным из всех метеорологических показателей является среднегодовая скорость ветра – возрастая с 2,6 м/с на севере до 4,1 м/с на юго-востоке СКО.

Базовые метеорологические показатели, обобщенные в форме ТКИ (1), представлены в таблице.

Значения ТКИ на территории Северо-Казахстанской области (в баллах)  
TCI values in the North Kazakhstan region (in scores)

Метеостанция	Зимний период			Летний период			год
	декабрь	январь	февраль	июнь	июль	август	
Благовещенка	0	2	4	75	60	78	36,5
Булаево	0	10	12	65	69	65	36,8
Вознесенка	3	0	12	60	61	62	33,0
Кишенеколь	–2	8	12	63	61	61	33,8
Петропавловск	6	10	12	61	68	66	37,2
Рузаевка	–2	0	4	66	60	63	31,8
Саумалколь	–2	0	2	64	61	67	32,0
Сергеевка	6	8	12	68	65	63	37,0
Тайынша	0	2	4	63,5	61	62	32,1
Тимирязево	0	2	14	60	58	58	32,0
Чкалово	0	10	12	61,5	59	62	34,1
Явленка	8	2	14	74	61	61	36,7

По территории СКО распределение значений ТКИ меняется в зависимости от сезона года. В зимние месяцы данный показатель варьирует от «неприемлемого» и «экстремально неблагоприятного» уровней комфортности. В летний период он достигает «хорошего» и «очень хорошего» уровня комфорта.

Максимальный показатель ТКИ, рассчитанный для СКО, составил 78 баллов (Благовещенка), минимальный показатель индекса равен –2 (Рузаевка, Кишкенеколь, Саумалколь).

Значения ТКИ в зимний период колеблются от –2 до 14 баллов, в летний период – от 58 до 78 баллов. В среднем за год индекс ТКИ изменяется от 31,8 (Рузаевка) до 37 баллов (Петропавловск).

Пространственный анализ показателя ТКИ выявил, что в зимний период преобладающая часть территории СКО характеризуется «неприемлемым» и «экстремально неблагоприятным» показателями за счет низких температур, однако в последние десятилетия доля вклада температурного суточного субиндекса (ТСси) неуклонно снижается.

В летний период уровень комфорта, соответствующий характеристике «очень хороший», отмечается на метеостанциях Благовещенка и Явленка. Уровень комфорта «хороший» в данный период года наблюдается практически на всей территории области. В зимний период по всему региону выявлен «неприемлемый» уровень комфорта, главным образом, в декабре. «Экстремально неблагоприятный» уровень отмечается в январе (метеостанции Булаево, Петропавловск, Чкалово), феврале (на большей части территории области, за исключением метеостанций Благовещенка, Рузаевка, Саумалколь, Тайынша).

Для исследуемого региона выявлена зависимость изменения величины ТКИ от основных рассматриваемых биоклиматических характеристик. Стоит отметить, что величина ТКИ в летний период имеет тенденцию к возрастанию пропорционально повышения температуры воздуха (от +20 до +27 °C) и продолжительности светового дня. Если среднесуточная температура выходит за рамки определенного интервала, то это приводит к снижению ТКИ. Соответственно, для зимнего периода величина ТКИ уменьшается при условии, что температура воздуха должна быть ниже –20 °C с увеличением скорости ветра (более 5,0 м/с). Кроме того, выявлена следующая закономерность: чем большее количество атмосферных осадков ( $\geq 180$  мм в год), тем меньше значение величины ТКИ.

На территории СКО наиболее благоприятные условия для туристско-рекреационной деятельности складываются в летний сезон, когда метеорологические параметры характеризуются повышенным уровнем комфорта с физиологической точки зрения. Этому способствуют продолжительность светового дня до 15 часов и сравнительно высокие температуры воздуха (свыше 20 °C). В летний сезон высокое значение солнечной инсоляции и прогревание приземного слоя способствуют значительному повышению температуры подстилающей поверхности, а также водных масс гидрообъектов. Тем не менее, сохраняется влияние ветрового режима: при средней скорости 3,6–4,3 м/с нередко регистрируются порывы свыше 10 м/с. В летний сезон ветер может как усиливать ощущение тепла на поверхности тела, так и охлаждать посредством ускоренного испарения влаги с кожного покрова. Данные метеорологические и климатические условия создают предпосылки для развития следующих видов рекреационной активности на открытом воздухе: рыбалка, купание, сбор грибов, ягод и лекарственных трав (дикоросов), пешие походы и конные прогулки.

Зимний период в регионе характеризуется менее благоприятными биоклиматическими условиями, обусловленными рядом неблагоприятных метеорологических параметров (погодных условий). К таким условиям можно отнести устойчивый отрицательный термический режим, при котором в отдельные дни наблюдаются температуры до –35 °C, тем самым смещающая в сторону низких значений диапазон оптимальных температур. Неблагоприятный эффект усиливается за счет высокой скорости ветра (до 15 м/с) и сокращенной продолжительностью светового дня (7,8 ч). Кроме того, уменьшению рекреационной активности человека служит уменьшение времени пребывания на открытом воздухе,

вследствие сравнительно позднего восхода солнца и быстрого наступления сумерек. Повышенная скорость ветров, наряду с низкой температурой, способствует увеличению теплопотерь организма за счет усиленной теплоотдачи в окружающую среду. Тем не менее, характер метеорологических параметров в зимний период позволяет развивать следующие виды рекреационной деятельности: катание на лыжах, коньках, санках, лошадях, лошадиных упряжках, снегоходах, прогулки по зимнему лесу, зимняя рыбалка и др.

В результате исследования проведено районирование (зонирование) территории СКО по условиям комфортности погодно-климатических условий и возможности развития туристско-рекреационной деятельности (рис. 1, 2).

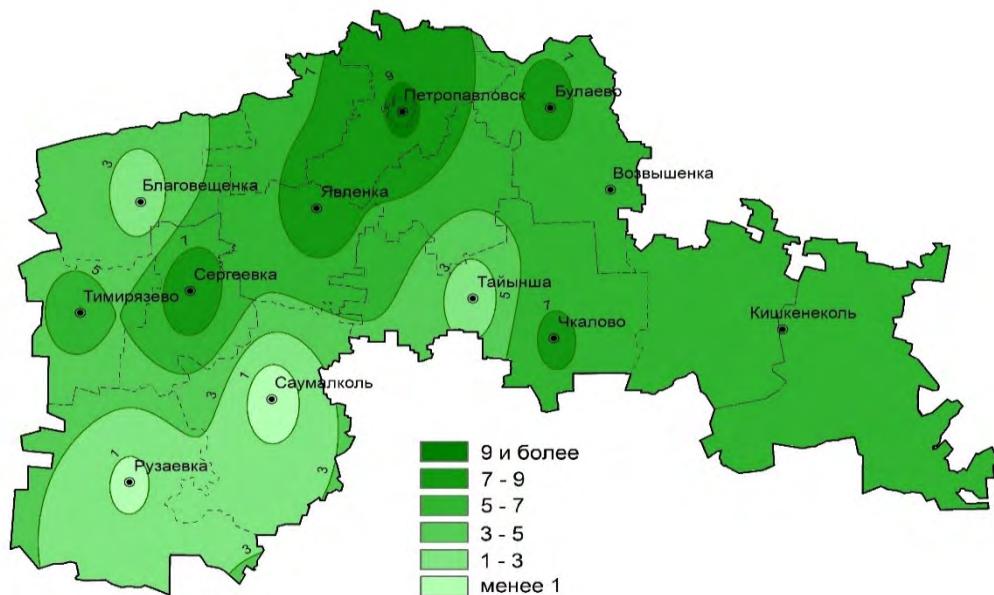


Рис. 1. Средние значения ТКИ на территории Северо-Казахстанской области за зимний период (в баллах)

Fig. 1. Average value of TCI in the North Kazakhstan region for the winter period (in scores)

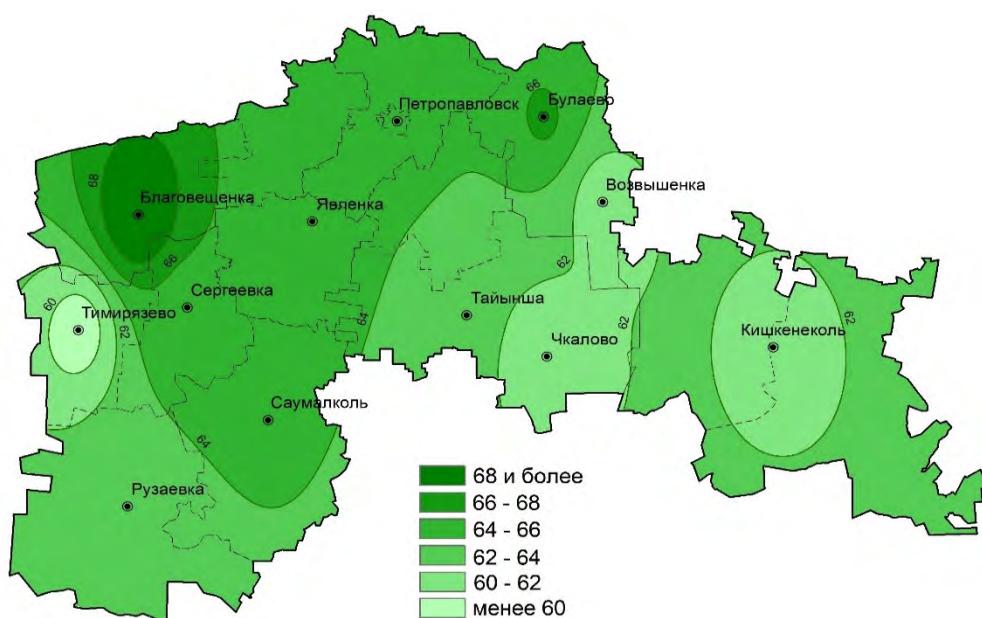


Рис. 2. Средние значения ТКИ на территории Северо-Казахстанской области за летний период (в баллах)

Fig. 2. Average value of the TCI in the North Kazakhstan region for the summer period (in scores)

На севере и в центральной части области формируется наиболее благоприятное сочетание биоклиматических параметров. Данная зона охватывает территорию следующих административных районов: Жамбылского, Кызылжарского, Мамлютского, Есильского, а также северную часть М. Жумабаева, Аккайынского, Шалакына, Айыртауского районов.

Наименее благоприятное сочетание биоклиматических параметров наблюдается на юге и юго-востоке региона. Данная зона включает территорию Уалихановского, Акжарского, Г. Мусрепова, Тайыншинского, Тимирязевского районов, южную часть Жумабаева, Аккайынского, Шалакына, Айыртауского.

Следует отметить, что граница между данными зонами нестабильна, имеет тенденцию изменения в зависимости от сезона года. В зимний период площадь зоны с благоприятным сочетанием метеопараметров составляет порядка 63,4 % от общей площади региона. В летний период она сокращается до 42,2 %.

На рис. 3 приведен годовой ход ТКИ по пяти метеостанциям, расположенным в разных частях СКО. По всем рассматриваемым метеостанциям величина ТКИ возрастает в теплый период года и достигает максимальных значений в летние месяцы (максимум приходится на август). Обратная тенденция отмечается в холодный период года, наименьшие величины ТКИ приходятся на зимние месяцы (минимум наблюдается в декабре).

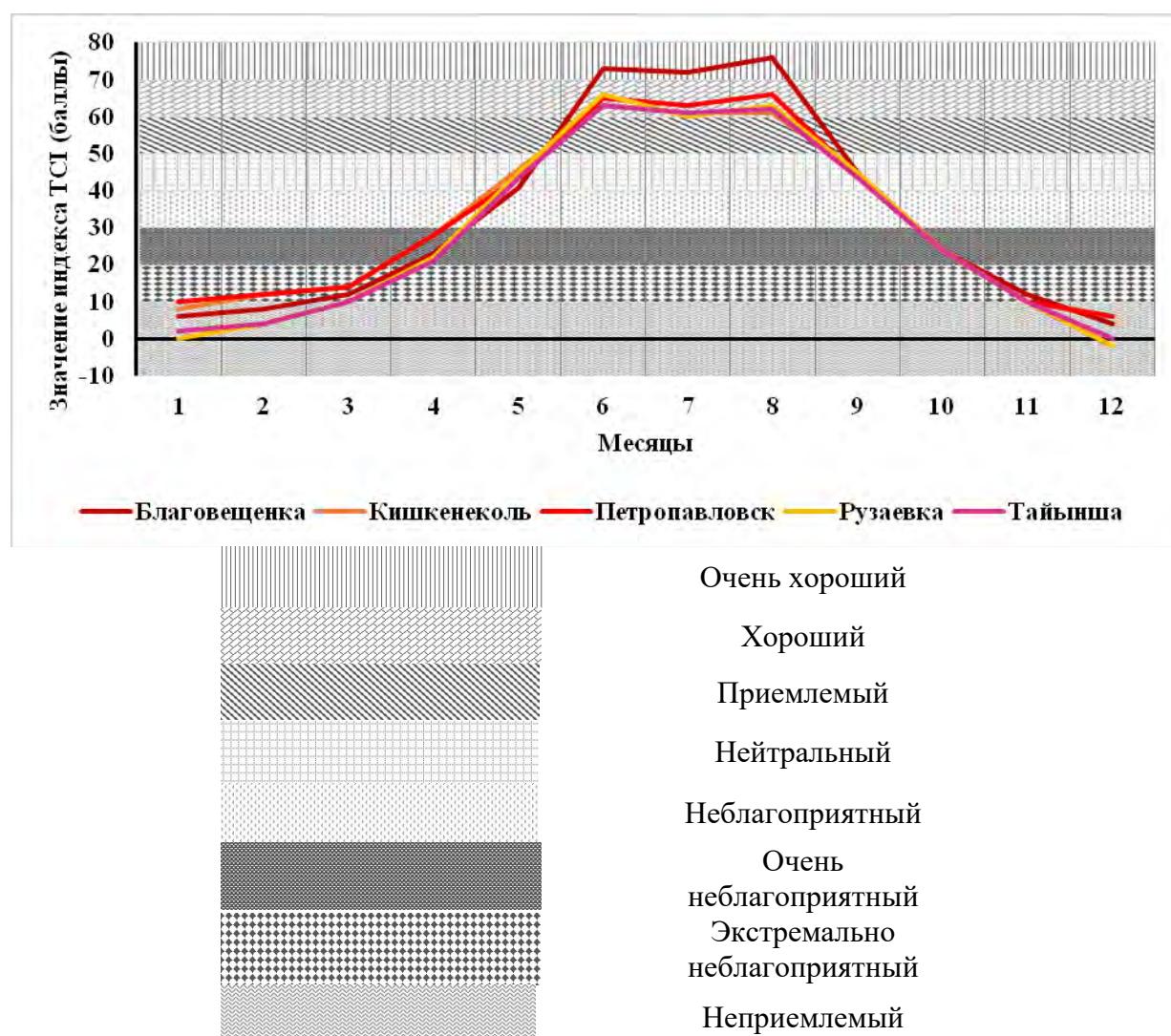


Рис. 3. Годовой ход ТКИ в Северо-Казахстанской области  
 Fig. 3. Annual course of TCI in the North Kazakhstan region

Выполненные исследования позволяют сделать выводы о необходимости дифференцировании туристско-рекреационной деятельности в СКО по сезонам года (зимний, летний) с учетом региональных и местных особенностей метеорологических условий и степени их благоприятности. Благодаря этому, принятие мер, направленных на смягчение их неблагоприятного влияния, делает возможным развитие таких видов рекреации, как: спортивно-оздоровительный, сельский (агротуризм), экологический («зеленый», экологокультурно-познавательный) и др. В связи с продолжающимся глобальным потеплением климата и увеличением средней приземной температуры воздуха на территории СКО можно заключить, что климатическая привлекательность региона будет возрастать, что благотворно скажется на развитии туристской сферы.

### Заключение

Путем расчета туристического климатического индекса и его пространственно-временного анализа, найден потенциал климата Северо-Казахстанской области для развития туристско-рекреационной деятельности, определены сезоны года с благоприятным и неблагоприятным сочетанием биоклиматических параметров, проведено районирование (зонирование) исследуемой территории. В результате были сделаны следующие выводы:

1. Распределение величины индекса на территории области в течение года изменяется от «хорошего» и «очень хорошего» уровней комфорtnости в северной и центральной частях в летний период до «неприемлемого» и «экстремально неблагоприятного» на преобладающей части региона в зимний период.

2. В связи с относительной гомогенностью метеорологических параметров на территории Северо-Казахстанской области, среднегодовое значение индекса варьирует в пределах 15 %, в летние месяцы он также незначительно колеблется от 58 до 78, достигая наивысших значений не в июле, что было бы логично, учитывая наиболее высокий температурный суточный субиндекс, а в июне, благодаря максимальным значениям солнечного и осадочного субиндексов. Совершенно иная картина наблюдается в пространственном распределении величин ТКИ зимнего периода – диапазон от –2 до 14 обуславливается как значительными перепадами температур, так и сильными ветрами, играющими в дифференциации величин ТКИ зимнего периода ключевую роль.

3. Сохранение продолжающейся тенденции потепления климата будет способствовать росту климатической привлекательности региона для развития туристско-рекреационной деятельности на ее территории.

4. К наиболее подходящим для области, с учетом региональных и местных особенностей метеорологических параметров, видам туристско-рекреационной деятельности относятся: в зимний период – лыжный, рыболовно-охотничий, спортивный (зимние виды спорта) и др., в летний период – пеший, конный, пляжный туризм, лагерный, экотропы и др.

Полученные в исследовании результаты могут быть востребованы региональными органами управления при разработке программ развития туристско-рекреационной деятельности на территории Северо-Казахстанской области.

### Список источников

- Официальный сайт Казгидромет. Электронный ресурс. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/> (дата обращения: 24.03.2025).
- Мироненко Н.С., Твердохлебов И.Т. 1981. Рекреационная география. М., МГУ, 207 с.
- Официальный сайт управления предпринимательства и туризма акимата Северо-Казахстанской области. Электронный ресурс. URL: <http://upt.sko.gov.kz/> (дата обращения: 25.03.2025)

## Список литературы

- Айзенштадт Б.А. 1964. Метод расчета некоторых биоклиматических показателей. *Метеорология и гидрология*, 12: 9–16.
- Архипова И.В., Жукова О.А., Курепина Н.Ю., Ротанова И.Н. 2005. Медико-географический подход к оценке комфортности климатических и социально-экологических условий региона как среды жизнедеятельности человека. *Ползуновский вестник*, 4–2: 222–227.
- Веденин А.Ю., Мирошниченко Н.Н. 1969. Оценка природных условий для организации отдыха. *Известия АН СССР. Серия географическая*, 4: 46–53.
- Головина Е.Г., Трубина М.А. 1997. Методика расчетов биометеорологических параметров (индексов). СПб., Гидрометеоиздат, 110 с.
- Кобышева Н.В., Стадник В.В., Клюева М.В., Пигольцина Г.Б., Акентьева Е.М., Галюк Л.П., Разова Е.Н., Семенов Ю.А. 2008. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами. СПб., Центр научно-информационных технологий «Астерион», 336 с.
- Кружалин В.И., Шабалина Н.В., Кружалин К.В. 2014. Теоретико-методологические подходы к туристско-рекреационному проектированию. *Вопросы географии*, 139: 100–122.
- Мажитова Г.З., Пашков С.В. 2017. Оценка влияния природных условий на комфортность проживания населения Северо-Казахстанской области. В кн.: Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 16–19 октября 2017. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет: 558–561.
- Седельников И.А., Смагулова Е.Н. 2023. Динамика основных метеопоказателей на территории Северо-Казахстанской области за 1966–2020 гг. *Региональные геосистемы*, 47(4): 569–579. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-4-569-579>.
- Парубова Е.М., Переведенцев Ю.П. 2022. Оценка туристического климатического индекса для Приволжского федерального округа. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 1: 3–15. <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9081>.
- Пашков С.В., Мажитова Г.З. 2016. Медико-географическая оценка комфортности климатических условий Северо-Казахстанской области. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, 3: 88–98.
- Пашков С.В., Седельников И.А. 2023. Оценка туристско-климатического потенциала территории Западного Казахстана. *Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле*, 45: 95–110. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.45.95>
- Переведенцев Ю.П., Шумихина А.В. 2016. Динамика биоклиматических показателей комфорта природной среды в Удмуртской Республике. *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*, 158(4): 531–547.
- Преображенский В.С., Шеломов Н.П. 1967. Проблемы использования естественных ресурсов для отдыха и туризма. М., Феникс, 84 с.
- Тупов С.С., Королева Е.Г., Пашков С.В. 2023. Биоклиматические показатели в региональных медико-географических исследованиях. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 4: 98–108. <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/98-108>
- Шабалина С.А. 2009. Зонирование территории Республики Татарстан для внутреннего и международного туризма. *Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 151(1): 263–270.
- Błażejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Holmér, I. Jendritzky, G. Kampmann, B., Kunert A. 2010. Principles of the New Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its Application to Bioclimatic Research in European Scale. *Miscellanea Geographica*, 14(1): 91–102. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2010-0009>
- Błażejczyk K., Epstein Y., Jendritzky G., Staiger H., Tinz B. 2012. Comparison of UTCI to Selected Thermal Indices. *International Journal of Biometeorology*, 56: 515–535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- Houghton F.C., Yaglou C.P. 1923. Determining Equal Comfort Lines. *Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers*, 29: 165–176.

- Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Wendt J.A. 2018. Assessment of Landscape-Recreational Capacity of North Kazakhstan Region. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 23(3): 731–737. <https://doi.org/10.30892/gtg.23309-323>
- Mieczkowski Z. 1985. The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer*, 29(3): 220–233. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>
- Missenard A. 1937. *L'Homme et le climat*. Paris, Plon, 186 p.
- Missenard F. 1933. Temperature effective d'une atmosphère Generalisation température résultante d'un milieu. In: *Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation*. Librairie de l'Enseignement Technique: 131–185.
- Pashkov S., Mazhitova G., Sedelnikov I., Ospan G., Sagatbayev Y. 2023. Assessment of Tourism and Climate Potential of Territories of Northern Kazakhstan. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 48(2spl.): 725–732. <https://doi.org/10.30892/gtg.482spl06-1072>.
- Scott D., Lemieux C. 2010. Weather and Climate Information for Tourism. *Procedia Environmental Sciences*, 1: 146–183. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.09.011>
- Scott D., Mc Boyle G. 2001. Using a 'Tourism Climate Index' to Examine the Implications of Climate Change for Climate as a Tourism Resource. In: *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*. Halkidiki, Greece: 69–88.
- Steadman R.G. 1979a. The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 18: 874–885.
- Steadman R.G. 1979b. The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. *Journal of Applied Meteorology*, 18: 861–873.
- Steadman R.G. 1994. Norms of Apparent Temperature in Australia. *Aust. Met. Mag.*, 43: 1–16.

## References

- Aizenshtadt B.A. 1964. Metod rascheta nekotorykh bioklimaticheskikh pokazateley [Method of Calculation of Some Bioclimatic Indices]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 12: 9–16.
- Arhipova I.V., Zhukova O.A., Kurepina N.Y., Rotanova I.N. 2005. Mediko-geograficheskiy podkhod k otsenke komfortnosti klimaticheskikh i sotsialno-ekologicheskikh usloviy regiona kak sredy zhiznedeyatelnosti cheloveka [Medical and Geographical Approach to Assessing the Comfort of Climatic and Socio-Environmental Conditions of the Region as a Human Environment]. *Polzunovskij vestnik*, 4–2: 222–227.
- Vedenin A.Yu., Miroshnichenko N.N. 1969. Otsenka prirodnnykh usloviy dlya organizatsii otdykhya [Assessment of Natural Conditions for Organizing Recreation]. *Izvestiya AN SSSR. Geographical series*, 4: 46–53.
- Golovina E.G., Trubina M.A. 1997. Metodika raschetov biometeorologicheskikh parametrov (indeksov) [Methodology for Calculating Biometeorological Parameters (Indices)]. St. Petersburg, Publ. *Gidrometeoizdat*. 110 p.
- Kobysheva N.V., Stadnik V.V., Klyueva M.V., Pigoltsina G.B., Akenteva E.M., Galyuk L.P., Razova E.N., Semenov Yu.A. 2008. Guidance on Specialized Climatological Service of the Economy. St. Petersburg, Publ. *Tsentr nauchno-informatsionnykh tekhnologiy "Asterion"*, 336 p. (in Russian).
- Kruzhalin V.I., Shabalina N.V., Kruzhalin K.V. 2014. Teoretiko-metodologicheskiye podkhody k turistsko-rekreatsionnomu proyektirovaniyu [Theoretical and Methodological Approaches to Tourism and Recreational Design]. *Voprosy geografii*, 139: 100–122.
- Mazhitova G.Z., Pashkov S.V. 2017. Assessment of the Impact of Natural Conditions on the Standard of Living in North Kazakhstan Region. In: *Modern Problems of Geography and Geology. Materials of the IV All-Russian Scientific and practical conference with international participation*, Tomsk, 16–19 October 2017. Tomsk, Publ. NI TSU: 558–561 (in Russian).
- Sedelnikov I.A. Smagulova E.N. 2023. Dynamics of Main Weather Indicators in the North Kazakhstan Region for 1966–2020. *Regional Geosystems*, 47(4): 569–579 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-4-569-579>.
- Parubova E.M., Perevedentsev Y.P. 2022. Assessment of the Tourist Climate Index for the Volga Federal District. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoeontology*, 1: 3–14 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo.2022.1/9081>.

- Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. 2016. Medical and Geographical Assessment of Comfort of Climatic Conditions in the North Kazakhstan Region. *Izvestiya Tula State University. Sciences of Earth*, 3: 88–98 (in Russian).
- Pashkov S.V., Sedelnikov I.A. 2023. Assessment of Tourism and Climate Potential of the Territory of Western Kazakhstan. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 45: 95–110 (in Russian). <https://doi.org/10.26516/20733402.2023.45.95>.
- Perevedentsev Yu.P., Shumikhina A.V. 2016. The Dynamics of the Bioclimatic Indices of Environmental Comfort in the Udmurt Republic, Russia. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki*, 158(4): 531–547 (in Russian).
- Preobrazhenskiy V.S., Shelomov N.P. 1967. *Problemy ispolzovaniya estestvennykh resursov dlya otdykhha i turizma* [Problems of Using Natural Resources for Recreation and Tourism]. Moscow, Pabl. Feniks, 84 p.
- Tupov S.S., Koroleva E.G., Pashkov S.V. 2023. Bioclimatic Indicators in Regional Medico-Geographical Studies. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 4, 98–108 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/4/98-108>.
- Shabalina S.A. 2009. Zonirovaniye territorii Respubliki Tatarstan dlya vnutrennego i mezhdunarodnogo turizma [Differentiation of Tatarstan Republic Territory into Zones due to their Significance for Domestic, National, and International Tourism]. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 151(1): 263–270 (in Russian).
- Błażejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Holmér, I. Jendritzky, G. Kampmann, B., Kunert A. 2010. Principles of the New Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its Application to Bioclimatic Research in European Scale. *Miscellanea Geographica*, 14(1): 91–102. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2010-0009>
- Błażejczyk K., Epstein Y., Jendritzky G., Staiger H., Tinz B. 2012. Comparison of UTCI to Selected Thermal Indices. *International Journal of Biometeorology*, 56: 515–535. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0453-2>
- Houghton F.C., Yaglou C.P. 1923. Determining Equal Comfort Lines. *Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers*, 29: 165–176.
- Mazhitova G.Z., Pashkov S.V., Wendt J.A. 2018. Assessment of Landscape-Recreational Capacity of North Kazakhstan Region. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 23(3): 731–737. <https://doi.org/10.30892/gtg.23309-323>
- Mieczkowski Z. 1985. The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. *The Canadian Geographer*, 29(3): 220–233. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1985.tb00365.x>
- Missenard A. 1937. *L'Homme et le climat*. Paris, Plon, 186 p.
- Missenard F. 1933. Temperature effective d'une atmosphère généralisée température résultante d'un milieu. In: *Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation*. Librairie de l'Enseignement Technique: 131–185.
- Pashkov S., Mazhitova G., Sedelnikov I., Ospan G., Sagatbayev Y. 2023. Assessment of Tourism and Climate Potential of Territories of Northern Kazakhstan. *Geojournal of Tourism and Geosites*, 48(2spl.): 725–732. <https://doi.org/10.30892/gtg.482spl06-1072>.
- Scott D., Lemieux C. 2010. Weather and Climate Information for Tourism. *Procedia Environmental Sciences*, 1: 146–183. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2010.09.011>
- Scott D., Mc Boyle G. 2001. Using a ‘Tourism Climate Index’ to Examine the Implications of Climate Change for Climate as a Tourism Resource. In: *First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*. Halkidiki, Greece: 69–88.
- Steadman R.G. 1979a. The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 18: 874–885.
- Steadman R.G. 1979b. The Assessment of Sultriness. Part I: A Temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. *Journal of Applied Meteorology*, 18: 861–873.
- Steadman R.G. 1994. Norms of Apparent Temperature in Australia. *Aust. Met. Mag.*, 43: 1–16.

Поступила в редакцию 14.04.2025;  
поступила после рецензирования 25.05.2025;  
принята к публикации 30.05.2025

Received April 14, 2025;  
Revised May 25, 2025;  
Accepted May 30, 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

**Седельников Игорь Александрович**, преподаватель кафедры географии и экологии, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

**Мажитова Гульнур Забихулаевна**, старший преподаватель кафедры географии и экологии, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Igor A. Sedelnikov**, Lecturer of the Department of Geography and Ecology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

**Gulnur Z. Mazhitova**, senior lecturer of the Department of Geography and Ecology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

УДК 572.022+504.75.05(597)  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-350-362  
EDN QQBGNY

## Пространственно-временная динамика концентраций диоксида азота в атмосфере Северо-Восточного Вьетнама

Нгуен Ч.Х., Куролап С.А., Нестеров Ю.А.

Воронежский государственный университет  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
hieugeo@mail.ru, skurolap@mail.ru, nland58@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – анализ пространственно-временной динамики концентрации диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) в атмосфере северо-восточного Вьетнама в период с 2019 по 2024 год. Исследование сосредоточено на выявлении закономерностей загрязнения воздуха на данной территории, а также на выявлении источников загрязнения для разработки предложений по управлению качеством воздуха и повышению устойчивости к экологическим рискам. Для анализа использовались данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационные технологии (ГИС). Методология включала обработку данных о концентрации  $\text{NO}_2$  в среде Google Earth Engine, что позволило выделить основные тренды и периодические колебания концентрации загрязнителя. В среде QGIS была создана серия карт для пространственно-временного анализа динамики изменения концентраций диоксида азота. Результаты исследования показали, что концентрация  $\text{NO}_2$  в атмосфере была наиболее высокой в районах, расположенных на пересечении провинций Куангнинь, Хайфон и Хайзыонг, а также Бакнина и Бакжанга. Эти регионы являются центрами экономической и промышленной активности, где наблюдается интенсивный транспорт и высокая концентрация крупных промышленных предприятий. Наблюдаемое резкое уменьшение уровня диоксида азота в течение 2020 года тесно коррелирует со временем глобального кризиса, вызванного пандемией COVID-19. Именно в этот момент многие страны, включая Вьетнам, приняли меры по ограничению производственных процессов и регулированию автомобильного движения. Анализ собранных материалов позволяет предположить наличие прямой зависимости между содержанием  $\text{NO}_2$  в воздушных массах северо-восточного региона Вьетнама и степенью развитости промышленной инфраструктуры, а также плотностью транспортных потоков в отдельных зонах. Данное научное исследование подчеркивает необходимость создания совместных механизмов взаимодействия между административными единицами для осуществления эффективного наблюдения за состоянием атмосферы, внедрения систем управления чистотой воздуха и разработки стратегий по снижению антропогенного воздействия.

**Ключевые слова:** Северо-Восточный Вьетнам, Google Earth Engine, Sentinel-5P TROPOMI, диоксид азота, пространственно-временной анализ

**Для цитирования:** Нгуен Ч.Х., Куролап С.А., Нестеров Ю.А. 2025. Пространственно-временная динамика концентраций диоксида азота в атмосфере Северо-Восточного Вьетнама. Региональные геосистемы, 49(2): 350–362. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-350-362 EDN: QQBGNY

## Spatiotemporal Dynamics of Atmospheric Nitrogen Dioxide Concentrations over Northeastern Vietnam

Trung H. Nguyen, Semyon A. Kurolap, Yuriy A. Nesterov

Voronezh State University

1 Universitetskaya Sq, Voronezh 394018, Russia  
hieugeo@mail.ru, skurolap@mail.ru, nland58@mail.ru

**Abstract.** The aim of the study is to analyze the spatiotemporal dynamics of nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ) concentration in the atmosphere of Northeast Vietnam from 2019 to 2024. The study focuses on

© Нгуен Ч.Х., Куролап С.А., Нестеров Ю.А., 2025

identifying patterns of air pollution in this area and determining pollution sources to develop recommendations for air quality management and improving resilience to environmental risks. For the analysis, remote sensing (RS) data and geographic information system (GIS) technologies were used. The methodology involved processing  $\text{NO}_2$  concentration data in the Google Earth Engine environment, which allowed the identification of major trends and periodic fluctuations in pollutant concentration. A series of maps was created using QGIS for the spatiotemporal analysis of  $\text{NO}_2$  concentration dynamics. The results of the study showed that the  $\text{NO}_2$  concentration in the atmosphere was highest in areas located at the intersections of the provinces of Quảng Ninh, Hải Phòng, Hải Dương, and Bắc Ninh, Bắc Giang. These regions are centers of economic and industrial activity, characterized by intensive transportation and a high concentration of large industrial enterprises. The observed sharp decrease in nitrogen dioxide levels during 2020 closely correlates with the period of the global crisis caused by the COVID-19 pandemic. At that time, many countries, including Vietnam, implemented measures to restrict industrial processes and regulate vehicular traffic. The analysis of the collected data suggests a direct relationship between  $\text{NO}_2$  concentrations in the air masses of northeastern Vietnam and the degree of industrial infrastructure development, as well as the density of traffic flows in specific areas. This scientific investigation highlights the necessity of establishing cooperative mechanisms between administrative units to enable effective atmospheric monitoring, implement air quality management systems, and develop strategies to reduce anthropogenic impacts.

**Keywords:** Northeast Vietnam, Google Earth Engine, Sentinel-5P TROPOMI, nitrogen dioxide, spatiotemporal analysis

**For citation:** Nguyen T.H., Kurolap S.A., Nesterov Yu.A. 2025. Spatiotemporal dynamics of atmospheric nitrogen dioxide concentrations over Northeastern Vietnam. *Regional Geosystems*, 49(2): 350–362 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-350-362 EDN: QQBGNY

---

## Введение

Загрязнение воздуха является одной из главных экологических проблем современности. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 7 миллионов человек ежегодно умирают из-за загрязнения воздуха [Kuehn, 2014]. Среди множества веществ, присутствующих в антропогенных выбросах, особое место занимает оксид азота ( $\text{NO}_2$ ). Это химическое соединение играет ключевую роль в процессах, негативно влияющих как на экосистемы планеты, так и на физиологическое состояние человека. Его наличие в атмосферном воздухе является серьезным фактором, способствующим ухудшению как природных условий, так и уровня общественного здоровья [Рязанцева, Лукашина, 2008]. Мониторинг концентрации  $\text{NO}_2$  в атмосфере способствует не только защите общественного здоровья, но и играет важную роль в управлении и снижении выбросов парниковых газов.  $\text{NO}_2$  является не только важным индикатором качества воздуха, но и участвует в химических реакциях в атмосфере, приводящих к образованию кислотных дождей, мелкодисперсных частиц ( $\text{PM}2.5$ ) и тропосферного озона [Kaplan et al., 2019]. Эти явления могут вызывать негативные последствия для здоровья населения, такие как рост респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, а также рака легких [Рязанцева, Лукашина, 2008].

Традиционные наземные методы контроля состояния атмосферы обеспечивают высокую степень точности измерений, но их эффективность ограничена при масштабировании на обширные пространства. С другой стороны, использование космических технологий для анализа качества воздуха началось еще в 1980-х годах, первоначально сосредоточившись на изучении озонаового слоя. За прошедшие десятилетия эти системы продемонстрировали значительный прогресс в развитии технологий наблюдения. В частности, в 2017 году был запущен спутник *Sentinel-5 Precursor* с инновационным устройством *Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI)*, предназначенным для детального исследования состава газов в нижних и верхних слоях атмосферы [Kaplan, Avdan, 2020]. Ин-

формация, собранная этим оборудованием, была успешно внедрена в глобальную облачную систему *Google Earth Engine*, что открыло новые возможности для международного мониторинга состояния воздушной среды [Verhoelst et al., 2021]. Благодаря этому соединению современных технологий и данных, последние годы отметились ростом научных работ, посвященных анализу и применению информации от *Sentinel-5P TROPOMI* через платформу *GEE* для решения экологических задач в различных регионах мира [Kaplan et al., 2019; Kaplan, Avdan, 2020; Virghileanu et al., 2020; Kanniah et al., 2021; Liu et al., 2021; Magro et al., 2021; Морозова и др., 2022; Bodah, 2022; Maurya et al., 2022; Van Geffen et al., 2022; Ракитин и др., 2023; Царев, Рыжкова, 2023; Гусев, Флерко, 2024; Shetty et al., 2024].

Однако во Вьетнаме данные *Sentinel-5P TROPOMI* пока не получили широкого применения. На данный момент опубликовано лишь небольшое количество исследований, посвященных оценке концентрации загрязняющих веществ в атмосфере с использованием данных дистанционного зондирования через платформу *GEE*, и эти исследования охватывали лишь короткие временные периоды и ограниченные территории [Thao et al., 2022; Chinh et al., 2023]. Исследования на больших географических масштабах, которые позволили бы получить комплексное пространственно-временное представление, пока не проводились. Целью наших исследований является анализ пространственно-временной динамики концентрации диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) в атмосфере Северо-Восточного Вьетнама за последние 6 лет (2019–2024 год).

### Объекты и методы исследований

Географический фокус данного анализа охватывает регион Северо-Восточного Вьетнама, где были учтены следующие провинции: Лангшон, Бакжанг, Бакнинь, Куангнинь, Хайфонг и Хайзыонг (рис. 1).

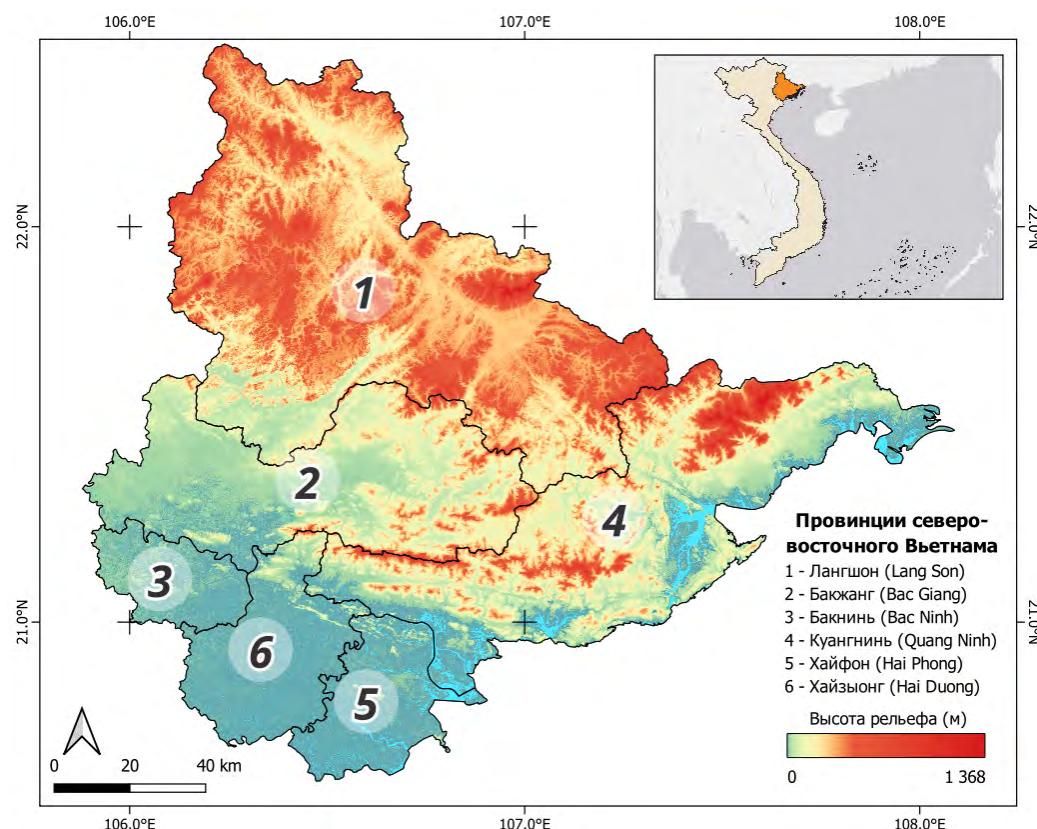


Рис. 1. Карта исследуемой территории Северо-Восточного Вьетнама  
 Fig. 1. Map of the study area of northeastern Vietnam

Данная территория – один из наиболее динамично развивающихся экономических регионов Северо-Восточного Вьетнама, характеризующийся высокой концентрацией промышленности, быстрыми темпами урбанизации и интенсивным транспортным движением. Провинции Хайфонг и Куангнинь обладают крупными морскими портами и стратегическими промышленными зонами, выполняя роль международных торговых ворот Северного Вьетнама, тогда как Бакнинь и Бакжанг являются центрами производства в области электроники и машиностроения. Кроме того, интенсивное экономическое развитие региона сопровождается значительным экологическим воздействием на качество воздуха. Этот регион также находится под влиянием природных факторов, таких как низменный рельеф и тропический муссонный климат, что увеличивает вероятность накопления загрязняющих веществ в атмосфере.

Данные спутниковых снимков *Sentinel-5P TROPOMI* сначала собираются и обрабатываются с помощью программирования на языке *Javascript* в среде приложения *Google Earth Engine* [Царев, Рыжкова, 2023]. В нашем исследовании данные снимков из пакета *COPERNICUS/S5P/OFFL/L3\_NO2* были агрегированы по месяцам и годам за период с 2019 по 2024 год для выбранного района исследования. Концентрация  $\text{NO}_2$  для каждого пикселя агрегированных снимков рассчитывалась как среднее значение всех данных, зарегистрированных в период оценки (месяц или год), что стало основой для анализа тенденций изменения концентрации  $\text{NO}_2$  во времени и пространстве. Платформа *Google Earth Engine* также позволяет проводить статистические расчеты, строить графики изменений концентрации  $\text{NO}_2$  во времени, выявляя сезонные и годовые изменения, а также оценивать влияние природных и антропогенных факторов.

Помимо данных о  $\text{NO}_2$ , в исследовании использовались картографические слои, отображающие зоны концентрации промышленных и социальных активностей, загруженные из *Global Human Settlement Layer (GHSL)*. Эти данные предоставляют важную информацию о распределении населения и урбанизированных территорий [Логвинов, 2022], что стало основой для оценки взаимосвязи между человеческой деятельностью и уровнем загрязнения воздуха. С помощью программного обеспечения *QGIS* была создана серия карт, отражающих пространственно-временные изменения концентрации  $\text{NO}_2$  в период с 2019 по 2024 год. Эти карты позволяют получить наглядное представление о пространственно-временной динамике  $\text{NO}_2$ , помогают выявлять «горячие точки» с высокой концентрацией  $\text{NO}_2$ , а также определять взаимосвязь между концентрацией  $\text{NO}_2$  и зонами с высокой плотностью промышленной и социальной активности.

Комплексный подход, объединяющий анализ спутниковых данных, использование облачных вычислительных инструментов и современных геоинформационных систем, позволил создать точную и всестороннюю методологию исследования. Это способствует эффективной оценке распределения и динамики концентрации  $\text{NO}_2$  в атмосфере в северо-восточном регионе Вьетнама. Следует отметить, что концентрация  $\text{NO}_2$ , зарегистрированная на спутниковых снимках *Sentinel-5P TROPOMI*, изначально выражается в единицах моль/м<sup>2</sup>. Для сравнения с предельно допустимыми значениями, установленными национальным стандартом качества атмосферного воздуха *QCVN 05:2013* (табл. 1), может быть использована следующая формула [Savenets, 2021]:

$$C = \frac{C_{\text{column}}}{H} \times M \times A, \quad (1)$$

где:  $C$  – концентрация выбросов, пересчитанная в мкг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{column}}$  – концентрация выбросов, рассчитанная по данным дистанционного зондирования *Sentinel-5P TROPOMI* в единицах mol/m<sup>2</sup>;  $H$  – высота атмосферного слоя ( $H = 10000$  м);  $M$  – молекулярная масса газа ( $M_{\text{NO}_2} = 46,0055$  г/моль);  $A$  – коэффициент пересчета из единиц г/м<sup>3</sup> в мкг/м<sup>3</sup> ( $A = 1000000$ ).

Таблица 1  
 Table 1

Предельно-допустимая концентрация  $\text{NO}_2$  в окружающем воздухе [QCVN..., 2023]  
 Maximum permissible concentration of  $\text{NO}_2$  in ambient air [QCVN..., 2023]

№	Временной интервал	Предельно-допустимая концентрация $\text{NO}_2$ (мкг/м <sup>3</sup> )
1	Среднее за 1 час	200
2	Среднее за 8 часов	не регламентируется
3	Среднее за 24 часа	100
4	Среднее за год	40

### Результаты и их обсуждение

Анализ динамики концентрации  $\text{NO}_2$  за период 2019–2024 годов предоставил понимание тенденций загрязнения воздуха на территории Северо-Восточного Вьетнама. Динамика месячных показателей содержания  $\text{NO}_2$  в атмосфере (рис. 2) отражает выраженную вариабельность значений на протяжении различных временных промежутков. Пиковые значения (максимумы) чаще всего фиксируются в период с октября по февраль, что соответствует зимне-весеннему сезону во Вьетнаме. Данная тенденция может быть связана с особенностями климатических условий данного периода, такими как относительно низкие температурные показатели, повышенное энергопотребление для обогрева жилых и промышленных помещений, а также частые случаи термической инверсии. Эти факторы существенно снижают способность атмосферы к дисперсии загрязняющих веществ, способствуя их аккумуляции, включая диоксид азота.

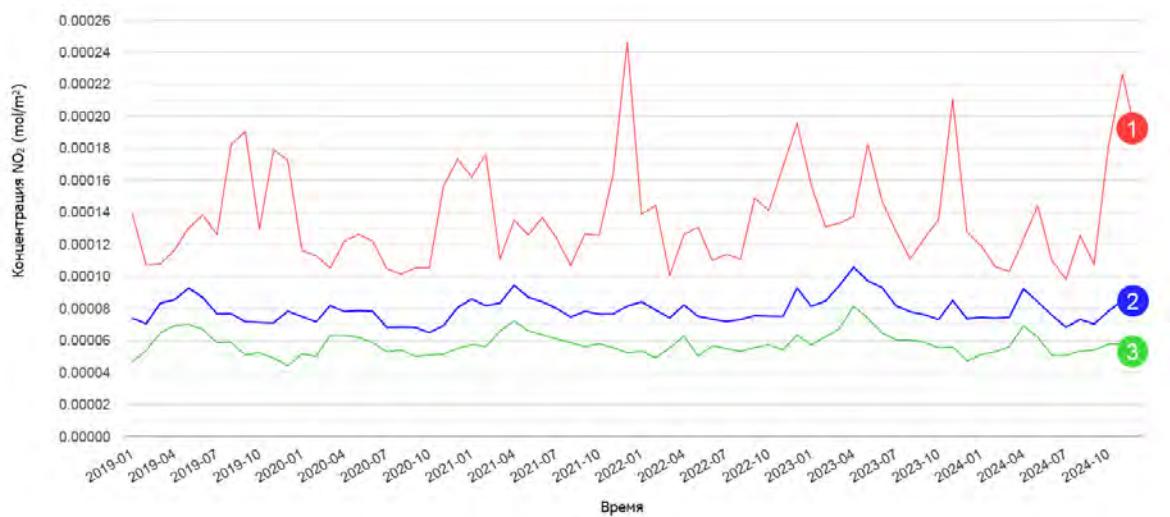


Рис. 2. Изменение концентрации  $\text{NO}_2$  по месяцам за период 2019–2024 годов.  
 На графике: (1) – максимальное значение (max), (2) – среднее значение (mean),  
 (3) – минимальное значение (min)

Fig. 2.  $\text{NO}_2$  concentration changes by month for the period 2019–2024. The graph shows: (1) – maximum value (max), (2) – average value (mean), (3) – minimum value (min)

В целом максимальные значения (Max) за период исследования колебались от 0,00010 до 0,00024 моль/м<sup>2</sup>, тогда как средние значения (Mean) находились в диапазоне от 0,00006 до 0,00011 моль/м<sup>2</sup>, а минимальные значения (Min) – от 0,00004 до 0,00008 моль/м<sup>2</sup>. Это указывает на относительно стабильный уровень фонового загрязнения в определенные периоды времени. Причем небольшая амплитуда вариаций между значениями Min и Mean по сравнению с значением Max указывает на неравномерное распределение источников выбросов.

Серия карт, показывающих изменения концентрации  $\text{NO}_2$  в период с 2019 по 2024 год (рис. 3), демонстрирует пространственно-неоднородное распределение концентрации

$\text{NO}_2$  в атмосфере, с отдельными зонами высокого уровня загрязнения в течение длительного времени. В целом, динамика по годам показывает, что максимальная концентрация  $\text{NO}_2$  в воздухе в исследуемом регионе была зафиксирована в 2023 году и составила 0,000118 моль/м<sup>2</sup> (эквивалентно 0,46 мкг/м<sup>3</sup>), что ниже предельно допустимой концентрации  $\text{NO}_2$  в атмосферном воздухе, согласно национальному стандарту Вьетнама *QCVN 05:2013*. Однако детальный анализ полученных данных выявляет несколько важных аспектов, которые могут служить основой для мониторинга выбросов и разработки экологической политики.

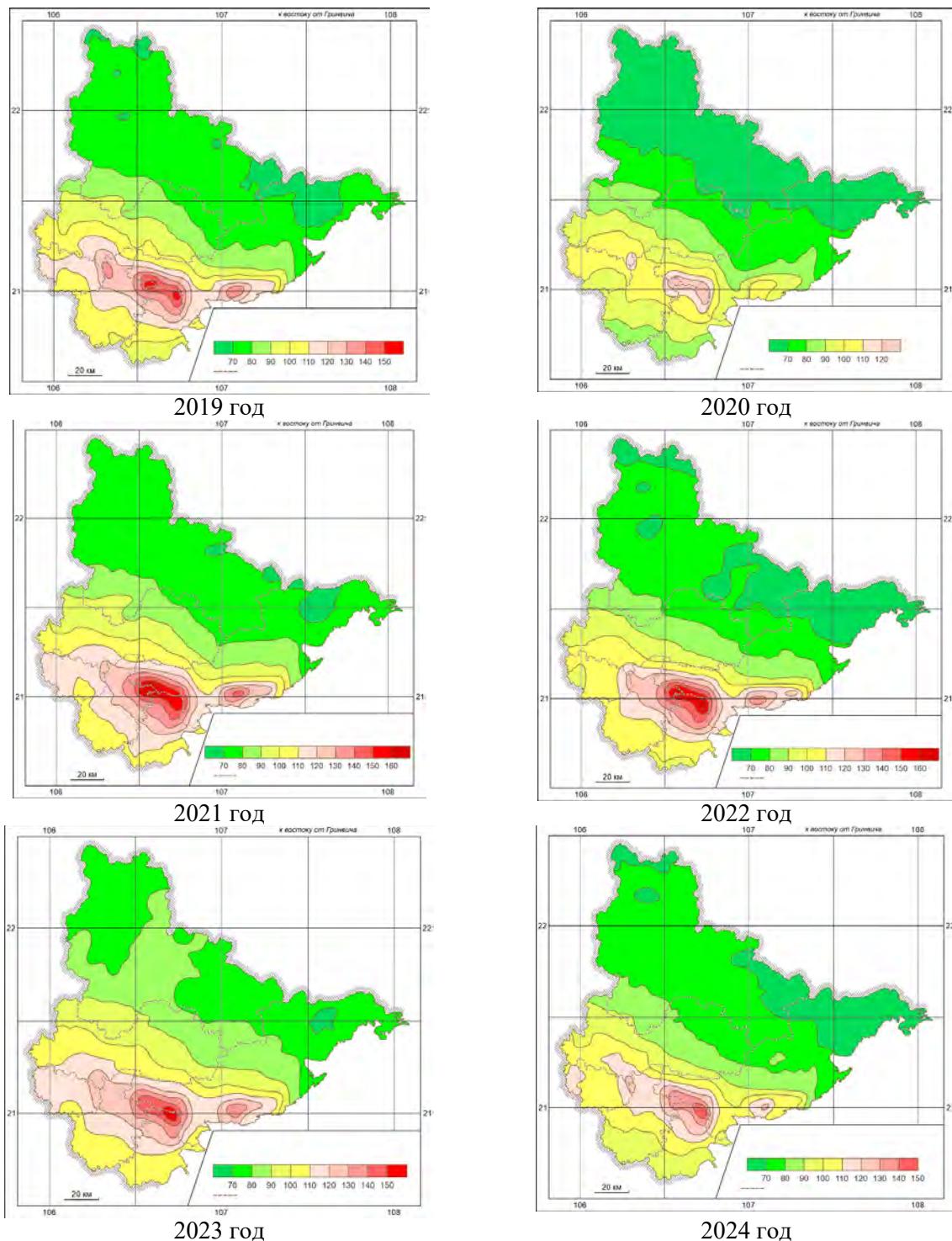


Рис. 3. Пространственно-временные изменения концентрации  $\text{NO}_2$  (мкмоль/м<sup>2</sup>) в исследуемом регионе за 2019–2024 гг.  
Fig. 3. Spatiotemporal changes in  $\text{NO}_2$  (micromole/m<sup>2</sup>) concentration in the study region from 2019 to 2024

Одним из примечательных явлений, наблюдаемых на серии карт, является значительное снижение концентрации  $\text{NO}_2$  в 2020 году по сравнению с 2019 годом и другими годами, за которым последовал резкий рост в 2021 году, охватывающий весь исследуемый регион. Основной причиной этого снижения, вероятно, стала пандемия *COVID-19*, когда многие страны, включая Вьетнам, ввели строгие меры социального дистанцирования [Behera et al., 2021; Kanniah et al., 2021; Ganbat et al., 2022]. Значительное сокращение экономической активности и транспортного движения в этот период привело к значительному снижению выбросов  $\text{NO}_2$ . После ослабления ограничительных мер в 2021 году концентрация  $\text{NO}_2$  резко возросла, превысив показатели 2019 года во многих районах. Это можно объяснить быстрым экономическим восстановлением, особенно в промышленных зонах. Многие предприятия увеличили производство, чтобы компенсировать убытки 2020 года, что привело к росту выбросов. Кроме того, восстановление транспортной активности также способствовало значительному увеличению выбросов от транспортных объектов.

При внимательном изучении особенностей размещения зон загрязнения становится очевидным, что концентрация  $\text{NO}_2$  тесно сопряжена с численностью жителей, степенью развития промышленности и процессами расширения городских территорий (рис. 4). Южные прибрежные районы провинции Куангнинь, а также перекрестные зоны между провинциями Куангнинь, Хайфон, Хайзыонг, Бакжанг и Бакшон являются «горячими точками». Эти районы характеризуются высокой плотностью населения, наличием крупных промышленных зон и развитой транспортной инфраструктурой, включая морские порты, автомагистрали и густую сеть дорог.

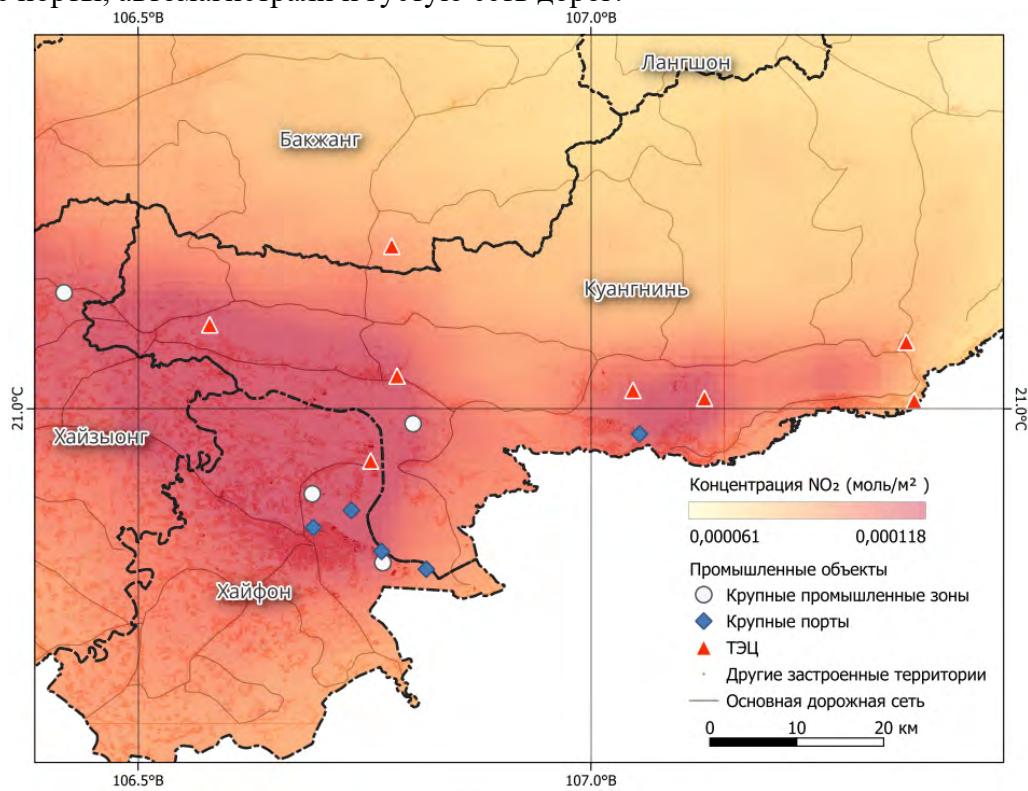


Рис. 4. Районы на юге, охватывающие провинции Хайзыонг, Хайфон и южную часть провинции Куангнинь, отличаются повышенным уровнем развития городов и промышленности, что связано с заметно большими значениями концентрации  $\text{NO}_2$  по сравнению с более северными территориями, такими как провинции Ланшон, Бакжанг и северная зона провинции Куангнинь

Fig. 4. The regions in the south of the map, encompassing the provinces of Hải Dương, Hải Phòng, and the southern part of Quang Ninh province, are characterized by a higher level of urban and industrial development, which is associated with significantly greater  $\text{NO}_2$  concentrations compared to the more northern territories, such as the provinces of Lạng Sơn, Bắc Giang, and the northern zone of Quang Ninh province

Результаты исследования показывают, что районы с высокой концентрацией  $\text{NO}_2$  обычно сосредоточены в пограничных зонах между провинциями, такими как районы пересечения провинций Куангнинь, Хайфон, Хайзыонг и между Бакнинь, Бакжанг и Хайзыонг (рис. 5). Это явление заслуживает внимания и может быть объяснено несколькими факторами. С природной точки зрения, территории, где пересекаются провинции Северо-Восточного Вьетнама, обладают достаточно ровным рельефом, без естественных преград, таких как горы или густые леса, которые могли бы препятствовать распространению выбросов. В условиях неблагоприятной погоды (например, при температурной инверсии) выбросы могут накапливаться в этих районах, не имея возможности для значительного рассеивания.

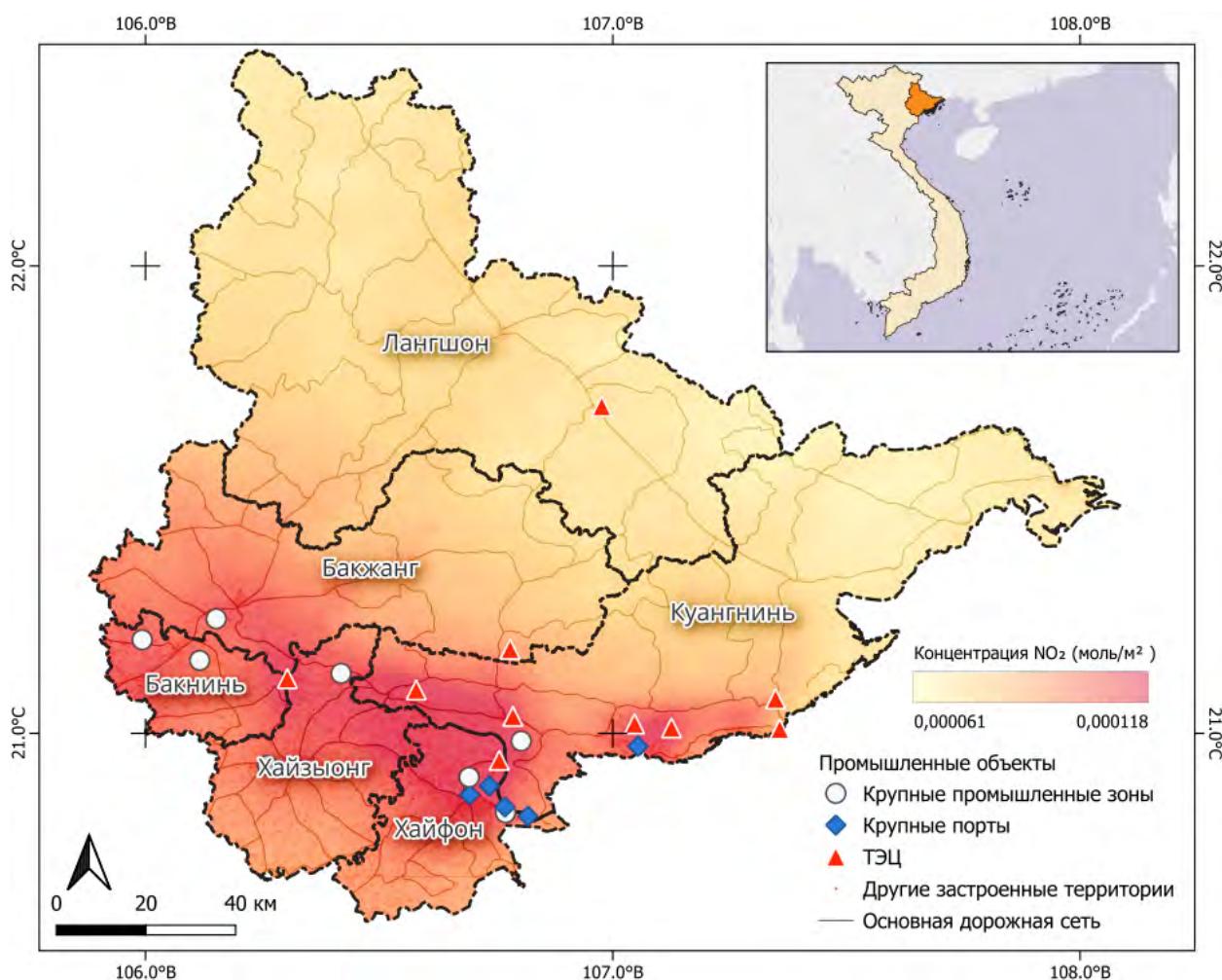


Рис. 5. Концентрация  $\text{NO}_2$  выше в южных районах, где сосредоточено множество крупных промышленных зон и высокая плотность населения. Районы, расположенные на стыке провинций Хайзыонг – Хайфон – Куангнинь и Бакнинь – Хайзыонг – Бакжанг, регулярно фиксируют более высокие концентрации  $\text{NO}_2$  по сравнению с окружающими территориями

Fig. 5.  $\text{NO}_2$  concentration is higher in the southern regions on the map, where many large industrial zones and high population density are concentrated. Areas located at the intersection of the provinces of Hải Dương – Hải Phòng – Quảng Ninh and Bắc Ninh – Hải Dương – Bắc Giang regularly record higher  $\text{NO}_2$  concentrations compared to surrounding areas

Кроме того, в этом районе тепловые электростанции и крупные промышленные зоны в основном расположены вдоль западно-восточной транспортной оси от Ханоя до Бакниня – Хайзыонга – Хайфона (где находится крупнейший морской порт на севере Вьетнама). Также следует отметить межпровинциальную специфику и концентрацию

экономической и социальной активности. Районы на стыке провинций часто являются центрами важных экономических объектов и крупной транспортной инфраструктуры, таких как автомагистрали, морские порты или межпровинциальные промышленные зоны. Например, район пересечения Куангнинь, Хайфона и Хайзыонга включает крупные морские порты (порт Хайфон, порт Кай Лан) и ключевые промышленные зоны, такие как промышленная зона Динь Ву, промышленная зона VSIP в Хайфоне. Район Бакниня, Бакжанга и Хайзыонга является промышленным треугольником с концентрацией крупных промышленных зон, таких как Куе Во (Бакнин), Ван Чунг (Бакжанг) и Конг Хоа (Хайзыонг). Производственные и грузовые перевозки в этих районах создают значительные выбросы  $\text{NO}_2$  от заводов, транспортных средств и вспомогательных промышленных производств. Районы на границе между провинциями часто являются перекрестками или своеобразными центрами концентраций основных транспортных магистралей. Например, национальная магистраль № 5 и автомагистраль Ханой – Хайфон проходят через район пересечения провинций Хайфон, Хайзыонг и Бакнин, становясь крупными источниками выбросов от транспортных средств. Выбросы  $\text{NO}_2$  от двигателей автомобилей (особенно грузовиков и контейнеровозов) могут значительно влиять на концентрацию загрязнения воздуха в этих районах.

Также нельзя исключать, что из-за административных особенностей районы на границе провинций могут не иметь единообразного и четкого управления окружающей средой. Мониторинг и контроль выбросов в этих районах часто дублируются или отсутствует эффективное взаимодействие между соответствующими органами, что не является редкостью во Вьетнаме [The paradox of..., 2025]. Это приводит к выбросам от мелких производственных операций, транспортных средств низкого качества, неконтролируемого сжигания отходов и других выбросов, которые часто игнорируются, особенно в приграничных районах.

## Заключение

Исследование пространственно-временной динамики изменения концентрации  $\text{NO}_2$  в атмосфере в Северо-Восточном Вьетнаме с 2019 по 2024 год показало, что высокие концентрации  $\text{NO}_2$  сосредоточены в точках пересечения между провинциями Куангнинь, Хайфон, Хайзыонг и между Бакнином, Бакжангом, Хайзыонгом. Эти районы играют роль экономических центров, но одновременно представляют собой зоны с высоким риском загрязнения воздуха, что свидетельствует о значительном экологическом воздействии, которое оказывают антропогенная деятельность и промышленность на среду обитания этих регионов.

Зафиксировано значительное снижение концентрации  $\text{NO}_2$  в 2020 году, что совпало с периодом пандемии *COVID-19*. Меры социальной изоляции, ограничения на транспорт и снижение производственной активности, вероятно, стали причиной краткосрочного уменьшения выбросов парниковых газов и загрязнения воздуха. Однако резкий рост концентрации в 2021 году, когда экономическая деятельность восстановилась, показывает, что проблема загрязнения воздуха является не только неизбежным следствием развития, но и отражает отсутствие устойчивости в нынешнем подходе к управлению и планированию развития.

Результаты исследования также подчеркивают особую значимость пограничных территорий, где наблюдается повышенное содержание диоксида азота вследствие интенсивной промышленной деятельности и транспортных потоков между провинциями. Данная ситуация подтверждает важность синхронизации усилий на межрегиональном уровне для обеспечения эффективного наблюдения и регулирования состояния атмосферы. Разработка систематических подходов к взаимодействию между муниципалитетами от организации совместного анализа данных до реализации

интегрированных стратегий управления, что позволит добиться более стабильных и всеобъемлющих результатов в снижении уровня антропогенного воздействия на воздух.

Это исследование представляет общий обзор состояния загрязнения  $\text{NO}_2$  на территории Северо-Восточного Вьетнама и создает научную основу для разработки эффективной экологической политики и решений по управлению качеством воздуха. Продвижение технологий, таких как использование спутниковых данных и современных аналитических инструментов, рекомендуется для совершенствования мониторинга и прогнозирования экологического загрязнения воздушного бассейна. В долгосрочной перспективе необходимо ориентироваться на стратегии развития экономики с низкими выбросами, сочетая их с повышением осведомленности населения и строгим соблюдением стандартов выбросов, чтобы обеспечить приемлемое качество воздушного бассейна для обеспечения экологической безопасности населения.

### Список источников

- Рязанцева А.В., Лукашина Г.В. 2008. Глобальное изменение климата, учебно-методическое пособие. Москва, МГИУ, 76 с.
- QCVN "National Technical Regulation on Ambient Air Quality" issued on March 13, 2023, Code QCVN 05:2023/BTNMT. Vietnam Ministry of Natural Resources and Environment, 12 p.
- The paradox of bordering administrative areas. SGGP. Электронный ресурс. URL: <https://www.sggp.org.vn/nghich-ly-dia-ban-giap-ranh-post224936.html> (date of access 18.01.2025)

### Список литературы

- Гусев А.П., Флерко Т.Г. 2024. Пространственная и сезонная изменчивость содержаний  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}$  над территорией Беларуси. Региональные геосистемы, 48(2): 210–220. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-2-210-220>
- Логвинов И.А. 2022. Исследования пространственного развития агломераций на основе данных проекта Global Human Settlement Layer (GHSL). В кн.: ГИС-технологии в науках о Земле. Материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 ноября 2022. Минск, Белорусский государственный университет: 12–17.
- Морозова А.Э., Сизов О.С., Елагин П.О., Агзамов Н.А. 2022. Интегральная оценка качества атмосферного воздуха в крупнейших городах России на основе данных TROPOMI (Sentinel-5P) за 2019–2020 гг. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 19(4): 23–39. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2022-19-4-23-39>
- Ракитин В.С., Груздев А.Н., Кириллова Н.С., Федорова Е.И., Елохов А.С., Сафонов А.Н. 2023. Валидация результатов измерений содержания  $\text{NO}_2$  в тропосфере и стратосфере с помощью спутникового прибора TROPOMI по наземным измерениям на Звенигородской научной станции Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН. Оптика атмосферы и океана, 36(1(408)): 32–41. <https://doi.org/10.15372/AOO20230105>
- Царев Ю.В., Рыжкова Е.И. 2023. Разработка облачного приложения для определения содержания формальдегида в атмосферном воздухе по данным спутника Sentinel-5P. Южно-сибирский научный вестник, 6(52): 31–35. <https://doi.org/10.25699/SSSB.2023.52.6.050>
- Behera M.D., Mudi S., Shome P., Das P.K., Kumar S., Joshi A., Rathore A., Deep A., Kumar A., Sanwariya Ch., Kumar N., Chandrakar R., Seshadri S., Mukherjee Sh., Bhattaram Sh.K., Sirivella Z. 2021. COVID-19 Slowdown Induced Improvement in Air Quality in India: Rapid Assessment Using Sentinel-5P TROPOMI Data. Geocarto International, 37(25): 8127–8147. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1993351>
- Bodah B.W., Neckel A., Maculan L.S., Milanes C.B., Korcelski C., Ramírez O., Mendez-Espinosa J.F., Bodah E.T., Oliveira M.L.S. 2022. Sentinel-5P TROPOMI Satellite Application for  $\text{NO}_2$  and  $\text{CO}$  Studies Aiming at Environmental Valuation. Journal of Cleaner Production, 357: 131960. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131960>
- Chinh L.T.D., Hang H.T., Quynh B.D. 2023. Application of Sentinel-5P TROPOMI Data on the Google

- Earth Engine Platform for Air Pollution Monitoring in Thai Nguyen City. *Journal of Science and Technology in Construction, Hanoi University of Civil Engineering*, 17(2V): 78–94.
- Ganbat G., Lee H., Jo H.W., Jadamba B., Karthe D. 2022. Assessment of COVID-19 Impacts on Air Quality in Ulaanbaatar, Mongolia, Based on Terrestrial and Sentinel-5P TROPOMI Data. *Aerosol and Air Quality Research*, 22(10): 220196. <https://doi.org/10.4209/aaqr.220196>
- Kanniah K.D., Zaman N.A.F.K., Perumal K. 2021. Analysis of NO<sub>2</sub> Tropospheric Column amount at Airports in Malaysia Before and during COVID-19 Pandemic Using SENTINEL-5P Tropomi Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2021: 399–403. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-399-2021>
- Kaplan G., Avdan Z.Y., Avdan U. 2019. Spaceborne Nitrogen Dioxide Observations from the Sentinel-5P TROPOMI over Turkey. *Proceedings*, 18(1): 4. <https://doi.org/10.3390/ECRS-3-06181>
- Kaplan G., Avdan Z.Y. 2020. Space-Borne Air Pollution Observation from Sentinel-5p TROPOMI: Relationship Between Pollutants, Geographical and Demographic Data. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(3): 130–137. <https://doi.org/10.26833/ijeg.644089>
- Kuehn B.M. 2014. WHO: More Than 7 Million Air Pollution Deaths Each Year. *JAMA*, 311(15): 1486. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.4031>
- Liu X., Yi G., Zhou X., Zhang T., Lan Y., Yu D., Wen B., Hu J. 2021. Atmospheric NO<sub>2</sub> Distribution Characteristics and Influencing Factors in Yangtze River Economic Belt: Analysis of the NO<sub>2</sub> Product of TROPOMI/Sentinel-5P. *Atmosphere*, 12(9): 1142. <https://doi.org/10.3390/atmos12091142>
- Magro C., Nunes L., Gonçalves O., Neng N.R., Nogueira J.M.F., Rego F.C., Vieira P. 2021. Atmospheric Trends of CO and CH<sub>4</sub> from Extreme Wildfires in Portugal Using Sentinel-5P TROPOMI Level-2 Data. *Fire*, 4(2): 25. <https://doi.org/10.3390/fire4020025>
- Maurya N. K., Pandey P. C., Sarkar S., Kumar R., Srivastava P.K. 2022. Spatio-Temporal Monitoring of Atmospheric Pollutants Using Earth Observation Sentinel 5P TROPOMI Data: Impact of Stubble Burning a Case Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5): 301. <https://doi.org/10.3390/ijgi11050301>
- Savenets M. 2021. Air Pollution in Ukraine: a View from the Sentinel-5P satellite. *IDÓJÁRÁS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 125(2): 271–290. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.2.6>
- Shetty Sh., Schneider Ph., Stebel K., Hamer P.D., Kylling A., Berntsen T.K. 2024. Estimating Surface NO<sub>2</sub> Concentrations over Europe Using Sentinel-5P TROPOMI Observations and Machine Learning. *Remote Sensing of Environment*, 312: 114321. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114321>
- Thao D.T.P., Ngo N.V., Son V.K. 2022. Mapping the Distribution of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> Concentrations in the Hanoi Area Using Sentinel-5P Remote Sensing Data. *Journal of Surveying and Mapping Science*, 54: 46–53.
- Van Geffen J., Eskes H., Compernolle S., Pinardi G., Verhoelst T., Lambert J.Ch., Sneep M., Linden M.T., Veefkind J.P. 2022. Sentinel-5P TROPOMI NO<sub>2</sub> Retrieval: Impact of Version v2. 2 Improvements and Comparisons with OMI and Ground-Based Data. *Atmospheric Measurement Techniques*, 15(7): 2037–2060.
- Verhoelst T., Compernolle S., Pinardi G., Lambert J.C., Eskes H.J., Eichmann K.U., Fjaeraa A.M., Granville J., Niemeijer S., Cede A., Tiefengraber M., Hendrick F., Pazmino A., Bais A., Bazureau A., Boersma K.F., Bognar K., Dehn A., Donner S., Elokhov A., Gebetsberger M., Goutail F., de La Mora M.G., Gruzdev A., Gratsea M., Hansen G.H., Irie H., Jepsen Nis., Kanaya Y., Karagkiozidis D., Kivi R., Kreher K., Levelt P.F., Liu C., Mueller M., Comas M.N., Piters A.J.M., Pommereau J.P., Portafaix T., Prados-Roman C., Puentedura O., Querel R., Remmers J., Richter A., Rimmer J., Cardenas C.R., de Miguel L.S., Sinyakov V.P., Stremme W., Strong K., Van Roozendael M., Veefkind J.P., Wagner T., Wittrock F., Gonzalez M.Y., Zehner C. 2021. Ground-Based Validation of the Copernicus Sentinel-5P TROPOMI NO<sub>2</sub> Measurements with the NDACC ZSL-DOAS, MAX-DOAS and Pandoria Global Networks. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14(1): 481–510. <https://doi.org/10.5194/amt-14-481-2021>
- Vîrghileanu M., Săvulescu I., Mihai B.A., Nistor C., Dobre R. 2020. Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. *Remote Sensing*, 18(1): 3575. <https://doi.org/10.3390/rs12213575>

## References

- Gusev A.P., Flerko T.G. 2024. Spatial and Seasonal Variability of NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and CO Contents over the Territory of Belarus. *Regional Geosystems*, 48(2): 210–220 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-2-210-220>
- Logvinov I.A. 2022. Issledovaniya prostranstvennogo razvitiya aglomeratsiy na osnove dannykh proekta Global Human Settlement Layer (GHSL) [Research of Spatial Development of Agglomerations Based on data of the Global Human Settlement Layer (GHSL) project]. In: *GIS-tehnologii v naukakh o Zemle* [GIS technologies in Earth sciences]. Proceedings of the Republican Scientific and Practical Seminar of Students and Young Scientists, Minsk, 16 November 2022. Minsk, Pabl. Belorusskiy gosudarstvennyy universitet: 12–17.
- Morozova A.E., Sizov O.S., Elagin P.O., Agzamov N.A. 2022. Integral Assessment of Atmospheric Air Quality in the Largest Cities of Russia Based on Tropomi (Sentinel-5p) Data for 2019–2020. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 19(4): 23–39 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2022-19-4-23-39>
- Rakitin V.S., Gruzdev A.N., Kirillova N.S., Fedorova E.I., Elokhov A.S., Safronov A.N. 2023. Validation of Results of Measurements of the NO<sub>2</sub> Contents in the Troposphere and Stratosphere with the Tropomi Satellite Instrument on the Basis of Ground-Based Measurements at the Zvenigorod Scientific Station of A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences. *Optika Atmosfery i Okeana*, 36(1(408)): 32–41 (in Russian). <https://doi.org/10.15372/AOO20230105>
- Tsarev Yu.V., Ryzhkova E.I. 2023. Determination of Formaldehyde Content in the Air of Yaroslavl According to Sentinel-5p Satellite Data. *South-Siberian Scientific Bulletin*, 6(52): 31–35 (in Russian). <https://doi.org/10.25699/SSSB.2023.52.6.050>
- Behera M.D., Mudi S., Shome P., Das P.K., Kumar S., Joshi A., Rathore A., Deep A., Kumar A., Sanwariya Ch., Kumar N., Chandrakar R., Seshadri S., Mukherjee Sh., Bhattaram Sh.K., Sirivella Z. 2021. COVID-19 Slowdown Induced Improvement in Air Quality in India: Rapid Assessment Using Sentinel-5P TROPOMI Data. *Geocarto International*, 37(25): 8127–8147. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1993351>
- Bodah B.W., Neckel A., Maculan L.S., Milanes C.B., Korcelski C., Ramírez O., Mendez-Espinosa J.F., Bodah E.T., Oliveira M.L.S. 2022. Sentinel-5P TROPOMI Satellite Application for NO<sub>2</sub> and CO Studies Aiming at Environmental Valuation. *Journal of Cleaner Production*, 357: 131960. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131960>
- Chinh L.T.D., Hang H.T., Quynh B.D. 2023. Application of Sentinel-5P TROPOMI Data on the Google Earth Engine Platform for Air Pollution Monitoring in Thai Nguyen City. *Journal of Science and Technology in Construction*, Hanoi University of Civil Engineering, 17(2V): 78–94.
- Ganbat G., Lee H., Jo H.W., Jadamba B., Karthe D. 2022. Assessment of COVID-19 Impacts on Air Quality in Ulaanbaatar, Mongolia, Based on Terrestrial and Sentinel-5P TROPOMI Data. *Aerosol and Air Quality Research*, 22(10): 220196. <https://doi.org/10.4209/aaqr.220196>
- Kanniah K.D., Zaman N.A.F.K., Perumal K. 2021. Analysis of NO<sub>2</sub> Tropospheric Column amount at Airports in Malaysia Before and during COVID-19 Pandemic Using SENTINEL-5P Tropomi Data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2021: 399–403. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-399-2021>
- Kaplan G., Avdan Z.Y., Avdan U. 2019. Spaceborne Nitrogen Dioxide Observations from the Sentinel-5P TROPOMI over Turkey. *Proceedings*, 18(1): 4. <https://doi.org/10.3390/ECRS-3-06181>
- Kaplan G., Avdan Z.Y. 2020. Space-Borne Air Pollution Observation from Sentinel-5p TROPOMI: Relationship Between Pollutants, Geographical and Demographic Data. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(3): 130–137. <https://doi.org/10.26833/ijeg.644089>
- Kuehn B.M. 2014. WHO: More Than 7 Million Air Pollution Deaths Each Year. *JAMA*, 311(15): 1486. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.4031>
- Liu X., Yi G., Zhou X., Zhang T., Lan Y., Yu D., Wen B., Hu J. 2021. Atmospheric NO<sub>2</sub> Distribution Characteristics and Influencing Factors in Yangtze River Economic Belt: Analysis of the NO<sub>2</sub> Product of TROPOMI/Sentinel-5P. *Atmosphere*, 12(9): 1142. <https://doi.org/10.3390/atmos12091142>
- Magro C., Nunes L., Gonçalves O., Neng N.R., Nogueira J.M.F., Rego F.C., Vieira P. 2021. Atmospheric Trends of CO and CH<sub>4</sub> from Extreme Wildfires in Portugal Using Sentinel-5P TROPOMI Level-2 Data. *Fire*, 4(2): 25. <https://doi.org/10.3390/fire4020025>
- Maurya N. K., Pandey P. C., Sarkar S., Kumar R., Srivastava P.K. 2022. Spatio-Temporal Monitoring of

- Atmospheric Pollutants Using Earth Observation Sentinel 5P TROPOMI Data: Impact of Stubble Burning a Case Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(5): 301. <https://doi.org/10.3390/ijgi11050301>
- Savenets M. 2021. Air Pollution in Ukraine: a View from the Sentinel-5P satellite. *IDÓJÁRÁS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 125(2): 271–290. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.2.6>
- Shetty Sh., Schneider Ph., Stebel K., Hamer P.D., Kylling A., Berntsen T.K. 2024. Estimating Surface NO<sub>2</sub> Concentrations over Europe Using Sentinel-5P TROPOMI Observations and Machine Learning. *Remote Sensing of Environment*, 312: 114321. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114321>
- Thao D.T.P., Ngo N.V., Son V.K. 2022. Mapping the Distribution of NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> Concentrations in the Hanoi Area Using Sentinel-5P Remote Sensing Data. *Journal of Surveying and Mapping Science*, 54: 46–53.
- Van Geffen J., Eskes H., Compernolle S., Pinardi G., Verhoelst T., Lambert J.Ch., Sneep M., Linden M.T., Veefkind J.P. 2022. Sentinel-5P TROPOMI NO<sub>2</sub> Retrieval: Impact of Version v2. 2 Improvements and Comparisons with OMI and Ground-Based Data. *Atmospheric Measurement Techniques*, 15(7): 2037–2060.
- Verhoelst T., Compernolle S., Pinardi G., Lambert J.C., Eskes H.J., Eichmann K.U., Fjaeraa A.M., Granville J., Niemeijer S., Cede A., Tiefengraber M., Hendrick F., Pazmino A., Bais A., Bazureau A., Boersma K.F., Bognar K., Dehn A., Donner S., Elokhov A., Gebetsberger M., Goutail F., de La Mora M.G., Gruzdev A., Gratsea M., Hansen G.H., Irie H., Jepsen Nis., Kanaya Y., Karagkiozidis D., Kivi R., Kreher K., Levelt P.F., Liu C., Mueller M., Comas M.N., Piters A.J.M., Pommereau J.P., Portafaix T., Prados-Roman C., Puentedura O., Querel R., Remmers J., Richter A., Rimmer J., Cardenas C.R., de Miguel L.S., Sinyakov V.P., Stremme W., Strong K., Van Roozendael M., Veefkind J.P., Wagner T., Wittrock F., Gonzalez M.Y., Zehner C. 2021. Ground-Based Validation of the Copernicus Sentinel-5P TROPOMI NO<sub>2</sub> Measurements with the NDACC ZSL-DOAS, MAX-DOAS and Pandoria Global Networks. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14(1): 481–510. <https://doi.org/10.5194/amt-14-481-2021>
- Vîrghileanu M., Săvulescu I., Mihai B.A., Nistor C., Dobre R. 2020. Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak. *Remote Sensing*, 18(1): 3575. <https://doi.org/10.3390/rs12213575>

Поступила в редакцию 01.04.2025;  
поступила после рецензирования 02.05.2025;  
принята к публикации 11.05.2025

Received April 01, 2025;  
Revised May 02, 2025;  
Accepted May 11, 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

**Нгуен Чунг Хиен**, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

**Куролап Семен Александрович**, доктор географических наук, профессор, декан факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

**Нестеров Юрий Анатольевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Trung H. Nguyen**, Postgraduate student at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Semyon A. Kurolap**, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Yuriy A. Nesterov**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia

УДК 628.86.02  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-363-374  
EDN TJMFTJ

## Технологии утилизации отходов г. Якутска

Прохоров В.А.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова  
Россия, 677013, Якутск, ул. Автодорожная, 2/4  
prohorov\_va@mail.ru

**Аннотация.** Целью данного исследования является разработка комплексной системы утилизации твердых коммунальных отходов г. Якутска. Приводится обзор федеральных и республиканских нормативно-законодательных документов по проблеме утилизации отходов, которую нельзя назвать решенной: полигон сбора городского мусора постоянно заполнен и находится в состоянии экологической катастрофы. Возрастающий объем твердых бытовых отходов требует внедрения комплексной системы управления твердыми отходами с использованием инновационных технологий их переработки. Приведено сравнительное описание применяемых технологий утилизации отходов, в том числе зарубежных аналогов с точки зрения их функционального и технологического решения. На основе экспертной оценки обоснованы технологические операции и предложены соответствующие технологии для мусоросортировочного комплекса города Якутска в ближайшей перспективе строительства. Предлагается поэтапная схема автоматизации мусоросортировочного комплекса. На основе анализа существующих технологических операций предлагается вариант автоматизированного мусоросортировочного комплекса для г. Якутска.

**Ключевые слова:** окружающая среда, твердые коммунальные отходы, утилизация, сортировка, захоронение, технологии утилизации отходов, автоматизация процесса сортировки

**Для цитирования:** Прохоров В.А. 2025. Технологии утилизации отходов г. Якутска. Региональные геосистемы, 49(2): 363–374. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-363-374  
EDN: TJMFTJ

---

## Waste Disposal Technologies in Yakutsk

Valery A. Prokhorov

Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov  
2/4 Avtodorozhnaya St, Yakutsk 677013, Russia  
prohorov\_va@mail.ru

**Abstract.** The purpose of this research is to study the state of solid municipal waste disposal in Yakutsk. The article provides an overview of federal and republican regulatory and legislative documents on waste disposal. It is shown that the legislative base on this problem is in the process of formation. The waste disposal issue in Yakutsk has not been solved so far, the city's landfill that is full already and continues to accumulate waste being in a state of environmental disaster. The author analyses relevant research papers, including foreign ones, determining the morphological composition of waste and annual volume of waste per person. These expert data are used to design technologies and determine the composition of equipment to be used. A study of state documents on environmental protection reveals the state of waste disposal volume and technologies used in the city of Yakutsk. The increasing volume of solid municipal waste requires an introduction of an integrated solid waste management system using innovative waste processing technologies. A comparative description of the applied waste disposal technologies is given, including foreign analogues from the point of view of their functional and technological solution. Based

© Прохоров В.А., 2025

on the analysis of existing technological operations, a version of an automated waste sorting facility for the city of Yakutsk is proposed.

**Keywords:** environment, municipal solid waste, disposal, sorting, dumping, waste disposal technologies, equipment, automation

**For citation:** Prokhorov V.A. 2025. Waste Disposal Technologies in Yakutsk. *Regional Geosystems*, 49(2): 363–374 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-363-374 EDN: TJMFTJ

## Введение

Несмотря на стремительное развитие технологий, серьезной угрозой для современного общества, последствия которой непредсказуемы, является загрязнение окружающей среды. Одной из самых острых и масштабных проблем, связанных с ухудшением качества природной среды, является нерациональное, экологически опасное и не всегда организованное обращение с отходами. Ситуация, связанная с постоянным увеличением массы отходов потребления, приводит к серьезному загрязнению окружающей среды и создает угрозу здоровью населения [Oluwafemi et al., 2021; Цховребов, 2024]. Эта проблема актуальна для всего мирового сообщества. С ростом населения и повышением уровня потребления также увеличиваются объемы отходов. Загрязнение окружающей среды отходами в Якутии приводит к разрушению связанных элементов экосистем [Коркин и др., 2020]. Примерно одна третья часть населения республики сосредоточена в г. Якутске. По состоянию на 2022 год общий объем отходов города составляет около 1 876 044 куб. м / 281 406 т, что больше на 18,1 % по сравнению с объемами 2019 года. Но большая часть отходов все равно остается и продолжает представлять огромную угрозу для окружающей среды. В связи с этим становится актуальным вопрос сортировки отходов в Якутске, где опасное состояние окружающей среды заставляет принимать меры по экологически безопасному обращению с отходами и внедрению эффективных устойчивых методов их утилизации.

### *Обзор современного состояния в рассматриваемой области*

Проблему утилизации отходов можно отнести к наиболее важным в современной России. Политика государства в области отходов базируется на следующих принципах: затраты обращения с отходами несет их производитель; минимизация экологического ущерба; максимальный возврат материалов и энергии. Ежегодно образуется огромное количество твердых коммунальных отходов (ТКО), порядка 350–400 кг мусора в год на одного жителя [Губанов, Красильникова, 2013; Иванова, Горбина, 2020]. Практически более 90 % отходов в России вывозится на мусорные полигоны. Только от 1 до 5 % указанного объема отходов подвергается переработке в целях получения вторичного сырья из утильных фракций ТКО.

Важную роль в практической деятельности по сохранению природной среды имеет ее правовое обеспечение. Определяющим документом в этом направлении является Указ Президента Российской Федерации «Стратегия экологической безопасности России на период до 2025 года», принятый в 2017 году. Основа стратегии заключается в том, что «высокое качество жизни и здоровья населения, а также национальная безопасность могут быть обеспечены только при условии сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды». Данная стратегия является основой для принятия практических комплексных мер, направленных на снижение негативных последствий антропогенного влияния на окружающую среду. В 2018 году была утверждена «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года». Кроме целевого описания в решении вопросов утилизации отходов ставится задача сокращения количества складируемых отходов через их вторичное использование, внедрения и всемерной поддержки си-

стемы раздельного сбора отходов, также документ включает пункты по внедрению системы качественного экологического нормирования и инновационных эффективных технологий утилизации отходов. В стратегии одним из целевых показателей определена доля ТКО, направленных на обработку, которая должна составить 80 % к 2030 году. С 1 января 2019 года началась «мусорная реформа», которая реализуется в рамках федерального проекта «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами». С началом реформы обязанность по вывозу ТКО была возложена на региональных операторов. В этих основополагающих документах определены направления государственной политики в области обращения с отходами [Левакова, Арутюнов, 2021].

В мире существует множество технологий утилизации отходов, таких как захоронение на полигонах, складирование, раздельный сбор, вторичная, биологическая, термическая переработка, компостирование, сортировка, сжигание [Yuan et al., 2022]. Сортировка ТКО может осуществляться непосредственно после их раздельного сбора или на мусороперегрузочных станциях (МПС). Наиболее широкое применение по обезвреживанию ТКО получили способы: вторичное использование, захоронение, термическая обработка, компостирование. Захоронение отходов рассматривается как исключительная мера, которая должна использоваться лишь в том случае, если отсутствуют технологии переработки и утилизации [Ofori-Agyei et al., 2023]. Захоронение на полигонах вызывает загрязнение почвы и подземных вод, является пожароопасным способом с возможным образованием вредных отравляющих газов. Чрезвычайно значимым мероприятием повышения экологического состояния в полигоне по утилизации отходов является прессование ТКО перед их захоронением на полигоне (складирование), что позволяет уменьшить объем отходов, удалить воду, затруднить доступ кислорода в плотную массу. Таким образом, прессование является эффективным процессом в системе утилизации отходов.

Представленная тема по обращению с ТКО актуальна и в Якутии, в республике управление утилизацией ТКО находится в состоянии становления, не существует комплексной системы обращения с отходами. В Якутии по данным на 01.01.2024 г. за 2023 год образовано – 860,435 млн т, что на 140,639 млн т больше чем в 2022 году. Объем образованных отходов по классам опасности составил: I класса опасности – 16 т; II класса опасности – 165 т; III класса опасности – 39139 т; IV класса опасности – 312158 т; V класса опасности – 860083956 т.

На региональном уровне основным стратегическим документом по охране природной среды является «Концепция экологической безопасности Республики Саха (Якутия)», принятая в 2002 году. Утверждена (от 6 июня 2022 года № 493-р) региональная программа Республики Саха (Якутия) «Развитие комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами в Республике Саха (Якутия) на 2022–2030 годы», где определена цель – «создание устойчивой системы обращения с твердыми коммунальными отходами, обеспечивающей обработку ТКО в объеме 100 %, и снижение объема ТКО, направляемых на полигоны, в два раза, развитие инфраструктуры по раздельному накоплению, обработке, утилизации, обезвреживанию, захоронению ТКО, соответствующей требованиям экологического и санитарно-эпидемиологического законодательства, вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительного источника сырья». Согласно представленным документам, поставлены очень высокие целевые показатели в решении вопросов «мусора». Там же отмечено, что «по настоящее время в республике текущее состояние не позволяет осуществить формирование комплексной системы обращения должным образом», полноценное внедрение «мусорной реформы» в республике ограничено по объективным причинам: сложная транспортная логистика, удаленность населенных пунктов, небольшие объемы ТКО, неудовлетворительное финансовое состояние региональных операторов, низкая собираемость платежей, отсутствие инфраструктуры.

Действующий полигон захоронения отходов площадью 31,8242 га находится в 9 км от города, эксплуатируется с 1967 года. Полигон не отвечает новым экологическим нор-

мативам и требованиям, не имеет разрешительной природоохранной документации, сильно перегружен, постоянно происходит самовозгорание, продукты низкотемпературного горения выпадают на близлежащие городские кварталы, Ботанический сад, пригородные озера. Фильтрат из тела полигона содержит в большом объеме токсичные органические и неорганические загрязняющие вещества. При отсутствии необходимой гидроизоляции фильтрат попадает в почву, проникает в подземные воды и по водостокам – в открытые водоемы, отравляя источники водоснабжения.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования является мусоросортировочный комплекс г. Якутска. Предмет исследования заключается в разработке предложений по утилизации отходов столицы республики. В работе использовались законодательные документы, труды российских и зарубежных ученых. Описание настоящего состояния утилизации отходов в регионе, их количественные данные получены путем анализа, обобщения материалов из государственных докладов о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия). Метод исследования основывается на использовании системного анализа, включающего методики сопоставительного и сравнительного анализа, обобщения, экспертной оценки. Использовались такие понятия (категории), как система, элемент, проблема, цель, концепция, методы, этапы. Приняты следующие базовые концепции: приоритетность сохранения биосфера по отношению к прямому использованию ее ресурсов; выявление и минимизация экологических рисков для природной среды и здоровья населения; предотвращение возможности химического загрязнения территории при внедрении новых производств и технологий.

## Результаты и их обсуждение

### *Технологическая схема и ее обоснование*

Процесс утилизации отходов напрямую зависит от решения законодательных, управлеченческих, экологических, финансовых, а также технологических проблем, которые рассматриваются в данной работе. В настоящее время ТКО Якутска транспортируются напрямую на полигон захоронения. Самым ответственным этапом их утилизации является сортировка. В рамках реализации комплексной программы в Якутске будет создан промышленный комплекс, направленный на обращение с твердыми коммунальными отходами, который включает полигон на 27-м км площадью 46 га, ориентированной стоимостью 4 млрд рублей, и мусороперегрузочную станцию (МПС) с элементами сортировки на 8-м км Вилюйского тракта. Стоимость МПС определена порядка 2,368 млрд рублей. Согласно программе, комплекс будет обрабатывать 150 тыс. т ТКО с отбором до 16 % полезных фракций и утилизацией 30 тыс. т ежегодно. Стекло, пластик, картон, металл, древесина и другие полезные фракции будут отправляться на вторичную переработку. Завершен первый этап строительства нового полигона, созданы первые участки для размещения отходов (две карты из пяти). Полигон рассчитан на 132 тыс. т мусора в год. Второй этап предусматривает работы в 2024–2027 годах. Полигон будет принимать твердые коммунальные отходы только после их предварительной сортировки и прессования на мусороперегрузочной станции. Емкость полигона ограничена. Как рассчитывают заказчики, первый этап должен обеспечить эксплуатацию полигона на 10 лет. Если на каждого жителя рассчитать в среднем около 400 кг мусора при количестве жителей в среднем 400 тысяч человек, то в городе за год образуется около 160 тыс. тонн ТКО. Если, согласно республиканской программе, будет сортироваться 100 % отходов, 50 % отправится на вторичное использование, внедрится система предварительного раздельного сбора и будет организовано прессование отходов, идущих на складирование на полигоне, то срок эксплуатации может быть значительно продлен.

Обобщая вышеприведенный материал можно представить следующую последовательную схему утилизации отходов в городе: раздельный сбор на месте образования, транспортировка и сортировка мусора на мусороперерабатывающей станции с разделением части, отправляемой на вторичную переработку, выделение части, утилизируемой термическим способом, прессование части, отправляемой на складирование [Bárkányi at al., 2022]. Ниже показана комплексная схема утилизации ТКО Якутска (рис. 1), которая включает семь составляющих. В настоящее время первые три пункта утилизации отходов построены и находятся в развитии и действии. Ниже показаны примеры их реализации. Нынешняя технология утилизации ТКО города путем захоронения на полигоне должна быть заменена технологией сортировки с дальнейшим развитием, которые обозначены пунктами 4, 5, 6 и 7.

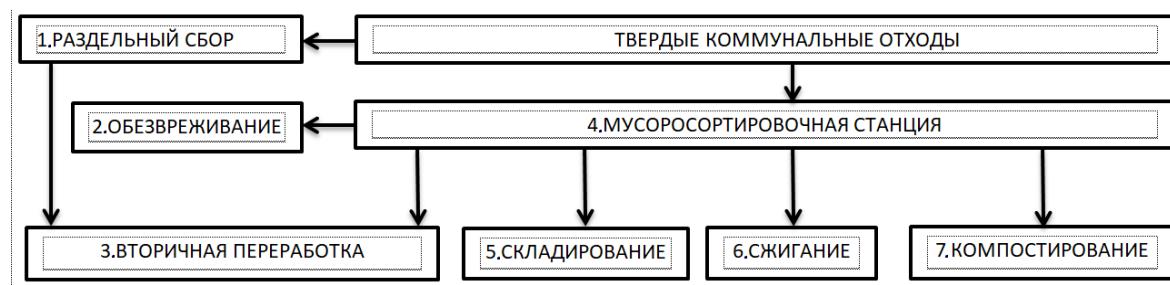


Рис. 1. Комплексная схема утилизации ТКО Якутска  
Fig. 1. Integrated MSW disposal scheme in Yakutsk

По первому пункту: внедрение и популяризация системы раздельного сбора являются одними из главных положений развития отрасли сортировки и переработки отходов. На территории Республики Саха (Якутия) периодически проводятся акции, направленные на пропаганду раздельного сбора мусора. В г. Якутске в 2018 году издано распоряжение Главы ГО «г. Якутск» от 26.01.2018 № 115 «Об организации раздельного сбора отходов на территории городского округа «город Якутск», согласно которому «всем структурным подразделениям поручено организовать раздельный сбор макулатуры, пластиковых отходов и целлофановой пленки в специально отведенные места». В Якутске переработка вторсырья начинает развиваться, пока не пользуется высоким спросом из-за малости объема конкретного вторсырья, высокой стоимости технологических устройств, низкой экономической привлекательности для бизнеса, недостаточности государственного и общественного понимания и поддержки. Отобранные вторсырье в основном отправляется для переработки за пределы республики. Транспортно-накладные расходы транспортировки вторсырья в европейскую часть России занимают значительную долю затрат, что определяет нерентабельность сортировки. Данная проблема сдерживает развитие частных производств по сбору и переработке вторсырья. Постепенно в Якутске формируется общество осознанного потребления, что является важным критерием формирования экологической культуры, без которой невозможно полноценное решение экологических проблем города. Сбором и переработкой в городе направлено занимаются ООО «Якутская экологическая компания», ИП «Петров Е.Н.», ООО «Экопартнер» и ООО «Новые экологические технологии». Приведем пример деятельности предприятий.

Более сформированным и рекламно-раскрученным из них является ООО «Якутская экологическая компания». Раздельный сбор производится по таким составляющим, как стекло и картон, пакеты, батарейки, крышки, пластиковые карты, зубные щетки и тюбики, шины, ПЭТ-бутылки, алюминиевые банки. На территории города 66 пунктов сбора вторсырья, которые установлены в жилых кварталах, в помещениях учебных заведений и других организациях. Также работает пункт приема вторичного сырья на территории предприятия, где из части переработанного пластика изготавливаются скамейки и тротуарные

плитки, устойчивые к погодным условиям и долговечные. Применяется следующая технологическая схема: собранная пленка-полиэтилен сортируется по цветам и отправляется в дробилку; измельченная пленка смешивается с речным песком в пропорции 1/4 и добавляется пигмент; готовая смесь загружается в печь, где пластик плавится, образуя единую массу; масса отправляется на формы. Следующий пример – ИП «Петров Е.Н.» занимается сбором, транспортированием, обезвреживанием, обработкой и утилизацией отходов 1–4 классов опасности [Лисанги, 2020]. На предприятии обезвреживание отходов происходит с использованием технологичного оборудования, такого как установка пиролизного типа «Фортан», установка сжигания отходов «Форсаж», установка термической утилизации отходов «Инсинератор-В-1500».

Основным этапом утилизации ТКО является сортировка. В работе Л.Я. Шубова [2012] приведен анализ условий применения и схем механической сортировки отходов, применяемых в европейских странах. Отмечено, что применяемые технологии зависят от целевого назначения, морфологического и гранулометрического состава, влажности. Автоматизация сортировки отходов в России находится в состоянии развития. Автоматизированные комплексы сортировки построены и действуют в крупных городах. Мусороперегрузочная станция была построена в г. Хабаровске и введена в эксплуатацию в 2009 году [Мищенко, 2023]. Она имеет следующие технологические элементы: линию сортировки, состоящую из конвейеров, дробильную машину мощностью 1 т/час, прессы для различных фракций отходов. Извлечение отходов на вторичную переработку составило 12 %, сортировка осуществлялась вручную. В последнее время идет планирование реконструкции мусоросортировочного комплекса с полуавтоматической сортировкой из двух линий, который также будет включать следующее технологическое оборудование: разрыватель пакетов, барабанный грохот, оптический сканер, баллистический сепаратор. По мнению автора, по принятой технологии на захоронение должно быть отправлено около 80 % отходов, на вторичное использование – 18 %, что не соответствует современным требованиям и рекомендуется повысить степень автоматизации комплекса. Автоматизированный мусоросортировочный комплекс (АМСК) стоимостью 1,2 млрд рублей введен в эксплуатацию в Костроме в 2016 году [Мальцева, 2017]. Накоплен большой опыт функционирования, с начала введения в работу АМСК постоянно модернизируется, совершенствуются технологии. Отбор полезных фракций отходов составляет 20 %, органических фракций – 30 % и фракций на альтернативное топливо – 25 %.

Мусоросортировочные линии представляют собой конвейер и состоят из различных видов технологического оборудования, предназначенного для сортировки мусора. Каждый агрегат обладает индивидуальными техническими характеристиками и предназначен для выполнения определенных действий. В зависимости от возможностей и поставленных задач линии комплектуются соответствующим оборудованием. Есть два вида мусоросортировочных комплексов: автоматизированный и с ручной сортировкой (полуавтоматизированный). По сравнению с ручной сортировкой автоматизированная сортировочная линия позволяет повысить процент отобранных фракций, а также увеличить скорость сортировки отходов [Mukherjee et al., 2021]. Минимально необходимый оптимальный состав линии может включать следующие технологические операции: приемку ТКО, предварительную сортировку, дробление, разделение на фракции, разрывание пакетов, сепарацию, прессование.

Приведем краткий анализ функций и технических характеристик основных технологических агрегатов в соответствии с технологическими операциями. Изъятие крупногабаритных предметов (металлические, деревянные конструкции, мебель, корпуса оборудования, холодильников, печей и другие) проводится на начальном этапе с применением автоматизированных устройств или ручным способом. Для автоматизации подбора может применяться робототехника [Cheng et al., 2022]. В технологических схемах МПЗ применяются дробилки крупного дробления для предварительного отделения мелких фракций.

Для разделения материала по крупности на несколько сортов рекомендуется применять двухситовые гирационные или вибрационные грохоты. Далее для эффективной сортировки ТКО применяются разрыватели мусорных пакетов. Для отбора и удаления органической фракции из общего потока ТКО применяются барабанные грохоты. Устройство представляет собой барабан, внутри которого установлены шнековые направляющие. Барабанные грохоты также могут выполнить отсев мелкой фракции (органика, песок, земля, камни и т. п.) и равномерное распределение материала. Ответственным этапом сортировки является сепарация, во время которой происходит выделение из отходов сырья, пригодного для вторичной переработки [Cheng et al., 2022]. Сепарация производится как в автоматическом, так и в ручном режиме. Например, магнитные сепараторы предназначены для автоматического отбора черных металлов небольших размеров из потока отходов. А для отделения немагнитных цветных металлов, таких как алюминий, медь и олово, из смешанных твердых коммунальных отходов используется вихревоковый сепаратор. В автоматизированных комплексах применяются оптические сепараторы. Поток отходов, проходя через оптический сепаратор, автоматически сканируется, определяется материал, после этого при помощи тонких, но очень мощных потоков сжатого воздуха под большим давлением отсортировывается нужный материал. Таким образом, с учетом поставленных целей и финансовых возможностей, можно ввести в эксплуатацию мусоросортировочную линию с высокотехнологичным оборудованием.

### ***Обоснование выбора технологического оборудования***

В настоящее время в Якутске ТКО в основном транспортируется напрямую на полигон захоронения. Проектируемая мусороперегрузочная станция предусматривает создание автоматизированного сортировочного комплекса с элементами ручной сортировки. С учетом того, что в начале планируется построить МПС в ручном сортировочном варианте, в условиях финансового ограничения, внедрение инновационных технологий утилизации ТКО должно произойти поэтапно. В технологии сортировки предлагается сортировочные линии компоновать по модульной схеме. Модульная система позволяет эффективно и технологично ввести в линии дополнительные технологические установки. В планируемом варианте мусоросортировочной станции технологии утилизации не представлены. В связи с этим в работе делается обоснование возможных применяемых технологий. Ниже приведены возможные технологические процессы при первичном полуавтоматизированном варианте (рис. 2). В первичной структуре отделение крупногабаритных предметов и текстильные компоненты проводятся вручную, обеспечивая работу приемного бункера. Далее следует включить вибрационные грохоты для отделения сыпучих и мелких материалов. Затем следует расположить разрыватель пакетов, после чего желательно проводить процесс дробления твердомерзлых компонентов с отсевом мелких фракций. Механическое дробление отходов путем грохочения проводится до различных размерных классов. Сепарация, отделение по фракциям, во многих заводах проводится вручную, что значительно снижает качество и скорость процесса. Использование магнитного и вихревокового сепараторов значительно упростило бы процесс отбора с уменьшением числа работников сортировки. Необходимым агрегатом автоматизированного МПЗ является прессовое оборудование. Таким образом на первом этапе формирования мусоросортировочная станция должна быть оборудована как минимум: транспортирующими конвейерами, вибрационным грохотом, разрывателем пакетов и прессовым оборудованием, которые выпускаются российскими предприятиями. Например, компания ООО «Хусманн Рус» предлагает широкий спектр технологий и решений для сортировки и переработки отходов, включая оборудование для сжигания, компактирования, биогазового преобразования и многое другое.



Рис. 2. Этапы процессов сортировки отходов  
Fig. 2. Stages of waste sorting processes

Проведем прогнозное обоснование планов реализации задач по утилизации отходов, представленных в программных документах. С этой целью проводится анализ практик по утилизации отходов. Для формирования и понимания перспективных и предельно достигнутых в современных условиях показателей по утилизации отходов приведены и установлены граничные достигнутые значения. В странах Евросоюза более 40 % ТБО собирается раздельно и перерабатывается [Лыков и др., 2019]. В Германии и Швеции на свалках складируется около 1 % твердых коммунальных отходов. В Великобритании и Швеции ежегодно около 50 % коммунальных отходов отправляется на вторичное использование. Япония направляет 80 % твердых отходов на производство энергии. Применяемые технологии и оборудование зависят от качественного состава ТБО. Для определения их состава воспользуемся и проанализируем данные, представленные в различных источниках. В начале проектирования полигона ТБО в Костроме [Мальцева, 2017] был изучен состав смешанных коммунальных отходов, и получены следующие примерные соотношения: 5 % макулатуры, 20 % вторичных ресурсов, 25–30 % – материалов для энергетического топлива, 30 % органической фракции, теоретически пригодной для компостирования. Изучение морфологического состава ТБО показало [Ламзина и др., 2015], что потенциальное сырье для использования составляет 60–80 %, из которых 25–35 % пригодно для компостирования. Приведем обобщенный состав собираемых ТБО в зависимости от уровней доходов населения [Шилкина, 2020]: древесина – 1–4 %, металл – 1–4 %, резина, кожа – 1–4 %, пластик – 6–13 %, бумага, картон – 7–25 %, органическая фракция – 32–56 %, прочее – 11–24 %.

Установим исходные данные по утилизации ТБО для формирования состава технологического оборудования Якутского мусоросортировочного завода. В качестве экспертных данных примем показатели, предложенные различными авторами и приведенные выше. С учетом практики сортировки отходов, исходя из внедрения метода раздельного сбора на месте образования и сбора при заводской сортировке, возможно выделение около 30 % вторичных ресурсов. При работе мусоросортировочного комплекса будет выполнен 100 % план сортировки и на начальном этапе 30 % отходов может быть отправлено на переработку. Следовательно, оставшаяся часть сортировочного материала может быть уплотнена и отправлена на складирование. Металл составляет 1 % от сортировки (1500 тонн) и отправляется на городские пункты приема. Предположительно, около 30 % выделенных отходов составляют органические компоненты, для г. Якутска объем отходов в год составит около 40 тонн. Такие отходы можно отправлять на свалку или переработку экологически безопасным способом – компостированием. Компостирование – это биологический процесс, в ходе которого уничтожаются патогенные микроорганизмы и превращаются в удобрения. Существуют различные технологии компостирования [Хамадьярова, 2023]. Компостирование будет значительно сокращать объемы захоронения материала, иметь экологический и экономический эффект и является методом, который может быть реализован на практике в зависимости от решимости руководства города.

Наиболее распространенной технологией извлечения энергии из отходов является сжигание [Лыков и др., 2019]. Твердые бытовые отходы на 70–80 % состоят из горючих, био-разлагаемых компонентов, таких как пищевые и растительные остатки, биомасса, древесина, макулатура, картон, пластик и полимеры. Как было обобщено выше, для получения полезной энергии можно использовать максимум 80 % отходов. Основное преимущество сжигания по сравнению с другими вариантами – эффективность утилизации отходов. Технология сжигания достаточно затратная, требуется предварительная подготовка с использованием измельчителя, дробления крупногабаритных изделий. Примерно не менее 30 % отходов города (40 тыс. тонн) можно утилизировать путем сжигания. Приведенные технологии компостирования и сжигания могут быть реализованы после завершения первой очереди строительства Якутского мусороперерабатывающего завода. Заключительным этапом функционального формирования мусороперерабатывающего завода в среднесрочной перспективе станет внедрение автоматизированных роботизированных комплексов.

### ***Автоматизация утилизации отходов г. Якутска***

Перспективно важной становится утилизация коммунальных отходов в г. Якутске с применением мусоросортировочных автоматизированных технологий. Инновационные технологии разрыхления и дозирования, сепарации позволяют значительно повысить эффективность сортировки, улучшая качество вторичных материалов и снижая затраты на переработку. Организация высокоеффективного производства возможна только при внедрении современной технологии производства с применением автоматизированного высокотехнологичного оборудования. При создании автоматизированного сортировочного комплекса предлагается использовать технологическое оборудование, анализ которого выполнененный выше: платформу предварительной сортировки, робот-манипулятор, шредер, разрыватель пакетов, барабанные грохоты, оптический сканер, баллистический сепаратор, кабину ручной сортировки, пресс. Проведен анализ отечественных и зарубежных аналогов с точки зрения их функционального и технологического решения. Сравнение выполнено для МПЗ различных фирм EcoSpectrum, Хусманн Рус, 7GreenLine по производительности, энергопотреблению, стоимости. Проект, разработанный под руководством автора, предусматривает создание автоматизированного сортировочного комплекса, состоящего из двух линий, который представлен в работе Бытырова [2024].

### **Заключение**

В заключении следует отметить, что власти Якутска начали обращать внимание на проблемы с утилизацией коммунальных отходов, решение которых возможно с внедрением предложенной на основе анализа исследований комплексной системы обращения с отходами, рассчитанной на дальнюю перспективу. Важным этапом комплексной системы обращения с ТКО является селективный сбор отходов. Формирование социально-экологической культуры при внедрении системы раздельного сбора отходов по месту образования – процесс долгосрочный. Для развития предпринимательской деятельности в сфере переработки вторичного сырья в Якутске должны быть созданы условия гарантированного сбыта продукции из вторичного сырья, принятие компенсационных мер за использование отходов с низким содержанием полезных компонентов. Для разработки эффективной и экологически безопасной системы утилизации отходов в городе в современных эколого-экономических реалиях будет востребовано соответствующее высокотехнологичное оборудование, которое должно внедряться поэтапно. Проведен анализ технологий и технологического оборудования и их возможность использования в условиях Якутска. Предложены варианты технологического оборудования по этапам постепенного развития автоматизированной сортировки отходов. В будущем процессы утилизации отходов должны быть полностью автоматизированы.

## Список литературы

- Бытыров А.П. 2024. Разработка технологической схемы мусоросортировочного комплекса г. Якутск. В кн.: Аммосов-2024. Материалы общеуниверситетской научной конференции студентов и магистрантов, Якутск, 5 апреля 2024. Якутск, Издательский дом СВФУ: 876–879.
- Губанов Л.Н., Красильникова А.Н. 2013. Комплексная технология по переработке и утилизации твердых бытовых отходов. Приволжский научный журнал, 4(28): 149–152.
- Иванова О.Е., Горбина Н.Н. 2020. Твердые коммунальные отходы: вопросы сбора и утилизации. Отходы и ресурсы, 7(1): 3. <https://doi.org/10.15862/03ECOR120>
- Коркин А.Н., Алькова Е.Л., Пестерев А.П. 2020. Проведение анализа в условиях Крайнего Севера методов, средств снижения утилизации отходов и производства на примере г. Якутск. Научный электронный журнал Меридиан, 19(53): 297–299.
- Левакова И.В., Арустамов Э.А. 2021. Проблемы реализации программы комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами. Отходы и ресурсы, 8(1): 3. <https://doi.org/10.15862/03ECOR121>
- Ламзина И.В., Желтобрюхов В.Ф., Шайхиев И.Г. 2015. Анализ методов сортировки твердых бытовых отходов. Вестник технологического университета, 18(5): 244–247.
- Лисанги К.А. 2020. Проблемы утилизации отходов в республике Саха (Якутия) (на примере предприятия ИП Петров Е.Н.). В кн.: Студенческий научный форум – 2020. Материалы XII Международной студенческой научной конференции, Москва, 01 декабря 2019 – 06 марта 2020. Саратов, Евразиатская научно-промышленная палата: 1–5.
- Лыков И.Н., Логинов А.А., Стрельцов А.Б., Голофтеева А.С. 2019. Эколого-экономическая оценка использования энергетического ресурса твердых коммунальных отходов в инновационных технологиях. Modern Science, 9–2: 28–32.
- Мальцева О.Н. 2017. Автоматическая сортировка отходов: опыт Костромы. Твердые бытовые отходы, 10(136): 24–29.
- Мищенко О.А. 2023. Модернизация сортировочного комплекса на мусороперегрузочной станции «Северная» в городе Хабаровске. Отходы и ресурсы, 10(3): 11ECOR323. <https://doi.org/10.15862/11ECOR323>
- Хамадьярова А.К. 2023. Различные методы компостирования: экологичные способы утилизации органических отходов. В кн.: Технологии переработки отходов с получением новой продукции. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 14–15 ноября 2023. Киров, Вятский государственный университет: 137–141.
- Шилкина С.В. 2020. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России. Отходы и ресурсы, 7(1): 5. <https://doi.org/10.15862/05ECOR120>
- Шубов Л.Я. 2012. Схемы механической сортировки отходов (анализ технологий). Твердые бытовые отходы, 3(69): 14–25.
- Цховребов Э.С. 2024. Развитие системы экологически безопасного обращения с отходами с учетом социально-экономических факторов. Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, 1(91): 44–62. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2024.01.pp.044-062>
- Bárkányi Á., Egedy A., Sarkady A., Kurdi R., Abonyi J. 2022. Expert-Based Modular for Municipal Waste Processing Technology Desing. Sustainability, 14(24): 16403. <https://doi.org/10.3390/su142416403>
- Cheng T., Kobayashi H., Ko K., Cheng T., Onoda H. 2022. Study on Introduction of Ai and Robotics to Improve the Efficiency of Construction Mixed Waste Disposal. The Proceedings of the Symposium on Environmental Engineering, 32: 2205-08-02. DOI: 10.1299/jsmeenv.2022.32.2205-08-02
- Mukherjee G.A., Wanjari R.U., Chakraborty R., Renu K., Vellingiri B., George A., Rajan C.R.S., Gopalakrishnan A.V. 2021. Are View on Modern and Smart Tech-Nologies for Efficient Waste Disposal and Management. Journal of Environmental Management, 297: 113347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113347>
- Ofori-Agyei G.O., Baah O.P.K., Adom D., Amankwa J.O., Abedi A. 2023. Upcycling of Solid Waste for Furniture Production: an Environmentally Sustainable Solution for Waste Disposal. Journal of Innovations and Sustainability, 7(4): 04. <https://doi.org/10.51599/is.2023.07.04.04>

Oluwafemi J., Olukanni D., Justin L.D. 2021. Improper Waste Disposal in Ota, Ogun State-A Proposed Waste Segregation Approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1734(1): 012038. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1734/1/012038>

Yuan Ya. 2022. Path Selection for High-Quality Development of Waste Disposal Industry Under Waste Charging System. *Frontiers in Business. Economics and Management*, 4(2): 55–60. <https://doi.org/10.54097/fbem.v4i2.790>

## References

- Bytyrov A.P. 2024. Development of the Technological Scheme of the Yakutsk Waste Sorting Complex. In: Ammosov-2024. Materials of the university-wide scientific conference of students and undergraduates, Yakutsk, 5 April 2024. Yakutsk, Pabl. NEFU: 876–879 (in Russian).
- Gubanov L.N., Krasilnikova A.N. 2013. Complex Technology on Processing and Recycling Municipal Solid Waste. *Privilzhsky Scientific Journal*, 4(28): 149–152 (in Russian).
- Ivanova O.E., Gorbina N.N. 2020. Solid Municipal Waste: Collection and Disposal Issues. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 7(1): 3 (in Russian). <https://doi.org/10.15862/03ECOR120>.
- Korkin A.N., Alcova E.L., Pesterev A.P. 2020. Provedeniye analiza v usloviyakh Kraynego Severa metodov, sredstv snizheniya utilizatsii otkhodov i proizvodstva na primere g. Yakutsk [Conducting an Analysis in the Conditions of the Extreme North of Methods, Means of Reducing Waste Disposal and Production Using the Example of Yakutsk]. *Scientific electronic journal Meridian*, 19(53): 297–299.
- Levakova I.V., Arustamov E.A. 2021. Problems of Implementation of the Program of the Integrated System of Solid Municipal Waste Management. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 8(1): 3 (in Russian). <https://doi.org/10.15862/03ECOR121>.
- Lamzina I.V., Zheltobryukhov V.F., Shaikhiev I.G. 2015. Analiz metodov sortirovki tverdykh bytovykh otkhodov [Analysis of solid household waste sorting methods]. *Bulletin of the Technological University*, 18(5): 244–247.
- Lisangi K.A. 2020. Problemy utilizatsii otkhodov v respublike Sakha (Yakutiya) (na primere predpriyatiya IP Petrov E.N.) [Problems of Waste Disposal in the Republic of Sakha (Yakutia) (on the Example of the Enterprise IP Petrov E.N.)]. In: *Studentcheskiy nauchnyy forum – 2020* [Student Scientific Forum – 2020]. Proceedings of the XII International Student Scientific Conference, Moscow, 01 December 2019 – 06 March 2020. Saratov, Pabl. Eurasian Scientific and Industrial Chamber: 1–5
- Lykov I.N., Loginov A.A., Streltsov A.B., Golofteeva A.S. 2019. Ekologo-ekonomiceskaya otsenka ispolzovaniya energeticheskogo resursa tverdykh kommunalnykh otkhodov v innovatsionnykh tekhnologiyakh [Ecological and Economic Assessment of the Use of the Energy Resource of Solid Municipal Waste in Innovative Technologies]. *Modern Science*, 9–2: 28–32.
- Maltseva O.N. 2017. Avtomaticheskaya sortirovka otkhodov: opyt Kostromy [Automatic Waste Sorting: Kostroma's Experience]. *Tverdyye bytovyye otkhody*, 10(136): 24–29.
- Mishchenko O.A. 2023. Modernization of the sorting complex at the waste transfer station «Severnaya» in the city of Khabarovsk. *Russian journal of resources, conservation and recycling*, 10(3): 11ECOR323 (in Russian). <https://doi.org/10.15862/11ECOR323>.
- Khamadyarova A.K. 2023. Razlichnyye metody kompostirovaniya: ekologichnyye sposoby utilizatsii organiceskikh otkhodov [Various Composting Methods: Eco-Friendly Ways to Dispose of Organic Waste]. In: *Tekhnologii pererabotki otkhodov s polucheniem novoy produktsii* [Waste Recycling Technologies with the Production of New Products]. Materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference, Kirov, 14–15 November 2023. Kirov, Pabl. Vyatka State University: 137–141.
- Shilkina S.V. 2020. Global Trends in Waste Management and Analysis of the Situation in Russia. *Russian journal of resources, conservation and recycling*, 7(1): 5 (in Russian). <https://doi.org/10.15862/05ECOR120>.
- Shubov L.Ya. 2012. Skhemy mekhanicheskoy sortirovki otkhodov (analiz tekhnologiy) [Schemes of Mechanical Waste Sorting (Analysis of Technologies)]. *Tverdyye bytovyye otkhody*, 3(69): 14–25.

- Tshovrebov E.S. 2024. The Development of an Environmentally Safe Waste Management System Regarding Socio-Economic Factors. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 1(91): 44–62 (in Russian). <https://doi.org/10.17277/voprosy.2024.01.pp.044-062>
- Bárkányi Á., Egedy A., Sarkady A., Kurdi R., Abonyi J. 2022. Expert-Based Modular for Municipal Waste Processing Technology Desing. *Sustainability*, 14(24): 16403. <https://doi.org/10.3390/su142416403>
- Cheng T., Kobayashi H., Ko K., Cheng T., Onoda H. 2022. Study on Introduction of Ai and Robotics to Improve the Efficiency of Construction Mixed Waste Disposal. *The Proceedings of the Symposium on Environmental Engineering*, 32: 2205-08-02. DOI: 10.1299/jsmeenv.2022.32.2205-08-02
- Mukherjee G.A., Wanjari R.U., Chakraborty R., Renu K., Vellingiri B., George A., Rajan C.R.S., Gopalakrishnan A.V. 2021. Are View on Modern and Smart Tech-Nologies for Efficient Waste Disposal and Management. *Journal of Environmental Management*, 297: 113347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113347>
- Ofori-Agyei G.O., Baah O.P.K., Adom D., Amankwa J.O., Abedi A. 2023. Upcycling of Solid Waste for Furniture Production: an Environmentally Sustainable Solution for Waste Disposal. *Journal of Innovations and Sustainability*, 7(4): 04. <https://doi.org/10.51599/is.2023.07.04.04>
- Oluwafemi J., Olukanni D., Justin L.D. 2021. Improper Waste Disposal in Ota, Ogun State-A Proposed Waste Segregation Approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 1734(1): 012038. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1734/1/012038>
- Yuan Ya. 2022. Path Selection for High-Quality Development of Waste Disposal Industry Under Waste Charging System Frontiers in Business. *Economics and Management*, 4(2): 55–60. <https://doi.org/10.54097/fbem.v4i2.790>

Поступила в редакцию 03.02.2025;  
поступила после рецензирования 10.03.2025;  
принята к публикации 17.04.2025

Received February 03, 2025;  
Revised March 10, 2025;  
Accepted April 17, 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

**Прохоров Валерий Афанасьевич**, доктор технических наук, профессор, действительный член МАНЭБ, профессор кафедры прикладной механики и строительного материаловедения Инженерно-технического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Valery A. Prokhorov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Full member of MANEB, Professor at the Department of Applied Mechanics and Building Materials Science, the Institute of Engineering and Technology, Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia

УДК 911.3  
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-375-388  
EDN VLAOXW

## Влияние качества окружающей среды на расселение и здоровье населения Баку

**Рзаева С.И., Мамедова А.Р., Мирзаева З.А., Гусейнова Т.М.**

Министерство Науки и Образования Азербайджанской Республики,

Институт Географии имени акад. Г.А. Алиева,

Азербайджанская Республика, AZ 1143, г. Баку, ул. Г. Джавида, 31

[solmaz-isaq@mail.ru](mailto:solmaz-isaq@mail.ru), [ayshenmammadova1987@gmail.com](mailto:ayshenmammadova1987@gmail.com),

[huseynova-turana@mail.ru](mailto:huseynova-turana@mail.ru), [mirzeyeva.zeyneb.92@mail.ru](mailto:mirzeyeva.zeyneb.92@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследования заключается в оценке влияния качества окружающей среды на расселение и здоровье жителей Баку, столицы Азербайджанской Республики, а также в определении важных факторов, способствующих улучшению качества жизни. Проанализирована экологическая среда и рассчитан экологический индекс. В то же время предложено добавить экологический индекс к индексу человеческого развития для оценки уровня развития территории. В связи с экогеографической средой в густонаселенном Баку было исследовано состояние здоровья его жителей, а также изучены различия в географическом распространении заболеваний дыхательной системы в административных районах города, вызванные выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Исследовательская работа была проведена на основе статистического, сравнительного анализа, системно-структурного, SPSS-статистического и других методов с использованием опубликованных статистических сборников за последние годы. В результате было установлено, что между заболеваемостью в административных районах и выбросами угарного газа ( $r = 0,80471$ ,  $P < 0,005$ , ДИ (0,4180–0,9416)) и оксидов азота ( $r = 0,765992$ ,  $P < 0,005$ , ДИ (0,3514–0,932)) существует линейная и положительная статистически значимая корреляционная связь. В 2000–2022 годы в районах с высоким темпом роста населения, таких как Хазар (в 1,8 раза), Сабунчу (в 1,7 раза) и Бинагади (в 1,5 раза), наблюдается высокий уровень заболеваемости (10–12 %). Если численность населения города будет продолжать расти высокими темпами, то число заболеваний также может быстро увеличиться.

**Ключевые слова:** город Баку, окружающая среда, загрязняющие вещества, население, населенный пункт, качество жизни, здоровье человека, новообразования, заболевания органов дыхания

**Для цитирования:** Рзаева С.И., Мамедова А.Р., Мирзаева З.А., Гусейнова Т.М. 2025. Влияние качества окружающей среды на расселение и здоровье населения Баку. Региональные геосистемы, 49(2): 375–388. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-375-388 EDN: VLAOXW

## The Impact of Environmental Quality on Population Settlement and Health in Baku

**Solmaz I. Rzayeva, Ayshan R. Mammadova, Zeynab A. Mirzayeva, Turana M. Huseynova**

Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan,

Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev,

31 G. Javid St, Baku AZ 1143, Republic of Azerbaijan,

[solmaz-isaq@mail.ru](mailto:solmaz-isaq@mail.ru), [ayshenmammadova1987@gmail.com](mailto:ayshenmammadova1987@gmail.com),

[huseynova-turana@mail.ru](mailto:huseynova-turana@mail.ru), [mirzeyeva.zeyneb.92@mail.ru](mailto:mirzeyeva.zeyneb.92@mail.ru)

**Abstract.** The aim of the research is to assess the impact of environmental quality on the settlement and health of the population of Baku, the capital of the Republic of Azerbaijan, as well as to identify key factors that

contribute to the improvement of the quality of life. The article contains environment analysis and ecological index calculations and suggests adding the ecological index to the Human Development Index to assess the level of development in the area. The authors studied the health status of the population in contemporary densely populated Baku in relation to the ecogeographical environment, as well as the differences in the geographical distribution of respiratory diseases in the administrative districts of Baku caused by the emissions of pollutants into the atmosphere. The research employed methods of statistical, comparative analysis, system-structural, cartographic, SPSS statistic and other methods using statistical collections published in recent years. The study established a linear and positive statistically significant correlation between the morbidity in administrative districts and emissions of carbon monoxide ( $r = 0.80471$ ,  $P < 0.005$ , CI (0.4180–0.9416)) and nitrogen oxide ( $r = 0.765992$ ,  $P < 0.005$ , CI (0.3514–0.932)). In 2000–2022, there was a 10–12 % rise in the morbidity rate in districts where population is growing at a high rate, such as Khazar (1.8 times), Sabunchu (1.7 times), and Binagadi (1.5 times). If the population of the city continues to grow at a high rate, the burden of diseases may also increase rapidly.

**Keywords:** city of Baku, environment, pollutants, population, settlement, quality of life, human health, neoplasms, respiratory system diseases

**For citation:** Rzayeva S.I., Mammadova A.R., Mirzayeva Z.A., Huseynova T.M. 2025. The Impact of Environmental Quality on Population Settlement and Health in Baku. Regional Geosystems, 49(2): 375–388 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-375-388 EDN: VLAOXW

## Введение

Город – одно из крупнейших и наиболее сложных творений человека. Он является главной ареной процессов, происходящих в современном мире, местом, где сосредоточены величайшие ценности, созданные человеком [Перцик, 2016]. Города, которые являются сложной социально-экономической категорией, различаются в зависимости от занимаемой территории, количества людей, структуры занятости, плотности застройки и уровня развития. Чистая окружающая среда является необходимым условием для здоровья и качества жизни [Доклад о состоянии здравоохранения..., 2000]. На протяжении всей жизни человек постоянно зависит от природной среды, которая является одним из основных факторов, обеспечивающих его выживание и развитие. Окружающая среда играет важную роль в формировании каждого человека как биологического существа. Это также важный ресурс, создающий благоприятные условия для удовлетворения основных биологических, экономических и социальных потребностей человека. Защита окружающей среды и проведение политики, направленной на повышение качества жизни в этих условиях, является одним из важных факторов, влияющих на устойчивость социально-экономического развития и повышение качества жизни. Окружающая среда обеспечивает людей всем необходимыми для выживания, но, с другой стороны, с древнейших времен деятельность человека была направлена на нарушение биосферы, разрушение, порчу или перестройку природы. Благополучие и качество жизни человека во многом зависят от качества и количества воды, продуктов питания, энергии, биологических ресурсов, которые он будет получать сейчас и позже [Здравоохранение, социальная защита и жилищные..., 2021]. Окружающая среда считается основным фактором, влияющим на качество жизни населения. В районах, где существуют серьезные экологические проблемы, качество жизни значительно снижается. Однако при определении уровня развития стран экологический фактор не учитывается и не используется для расчета индекса человеческого развития (ИЧР). Тем не менее, экологическая устойчивость признается важным аспектом человеческого развития.

Поскольку качество жизни является основным показателем, характеризующим и оценивающим социально-экономическое развитие каждого государства, было бы уместно рассмотреть его в более широком контексте в дополнение к здравоохранению, образованию и доходам. При изучении качества жизни населения в наше время исследователи уделяют особое внимание анализу состояния здоровья людей и возможностей лечения, заня-

тости и условий труда, развития физических способностей и возможностей получения образования, семейных и социальных отношений, жилищных условий и сфер обслуживания, отдыха и культуры, количественных и качественных показателей окружающей среды [Huseynova, 2022]. В связи с вышесказанным становится актуальным изучение в рамках исследовательской работы влияния экологических факторов и качества окружающей среды на расселение и здоровье людей.

Основным фактором социально-экономического развития являются природные ресурсы и условия, имеющиеся на территории. Эти факторы определяют уровень жизни в районе проживания. Качество окружающей среды также оказывает существенное влияние на расселение. В то же время это определяет возможные направления региональной специализации. Как известно, эти факторы отличаются в разных регионах страны. Благоприятные экологические условия приводят к более плотному заселению территории. В противном случае пространство малонаселено [Эминов, 2022]. Изменения динамики веществ, загрязняющих окружающую среду, в положительную или отрицательную сторону отражаются на здоровье проживающего здесь населения в первую очередь. На состояние здоровья людей прямо или косвенно влияют многочисленные природно-географические, социально-экономические и техногенные факторы. Среди них важнейшими считаются экономические, социальные, демографические, природные и биологические. Эти факторы связаны друг с другом, и их воздействие носит комплексный характер. В этом случае в организме человека возникают определенные заболевания, и природно-экологические факторы играют важную роль в их возникновении.

Чтобы применить полученную информацию к региону, в исследовательской работе были даны ссылки на работы ученых, проводивших исследования в этой области. Исследователи сообщают, что уровень развития территории зависит от плотности населения, расселения, качества продуктов питания, доходов населения, загрязнения окружающей среды и так далее. М.С. Салимов [2004], Е.В. Рюмина [2016] и другие исследовали выделяют такие особенности, как развитие человеческого потенциала, медицинские и экологические особенности, материальное благополучие и оседлость.

В результате социально-политических и экономических процессов, происходящих в стране и в отдельных экономических регионах, Ш.М. Мурадов [2004], Дж.Б. Гулиев [2011], Ш.И. Мамедова [2015], Э.С. Бадалов [2016], З.Н. Эминов [2022], С.И. Рзаева [2022] и другие изучали расселение населения, качество окружающей среды, медико-географические проблемы, их причины и последствия в более широком смысле. Несмотря на проведение исследования здоровья населения в отдельных регионах, проблемы влияния качества окружающей среды на расселение не изучены.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования является город Баку. Он расположен на побережье Каспийского моря, на  $52^{\circ}$  восточной долготы и  $40^{\circ}$  северной широты. Его положение, как столицы, отличается от других городов страны высоким социально-экономическим развитием. Такое высокое социально-экономическое развитие приводит к тому, что Баку становится главным центром урбанизации страны. По сравнению с другими городами Азербайджана, население Баку быстро растет [Мирзаева, 2023].

Восстановление качественной окружающей среды является одной из основных целей устойчивого развития. Учитывая этот фактор, для определения качества окружающей среды в исследовательской работе мы использовали экологический индекс, равный количеству загрязняющих веществ, выбрасываемых из стационарных источников в атмосферный воздух. Для получения индекса использовали максимальное ( $X_{\max}$ ), минимальное ( $X_{\min}$ ) и фактическое значение ( $X_i$ ) данного показателя [Рюмина, 2016]. Следующая формула используется для преобразования любого  $x$  в индекс

$$I = (X_{\max} - X_i) / (X_{\max} - X_{\min}). \quad (1)$$

Индекс находится в пределах (-1,1). Для определения влияния качества окружающей среды на качество жизни населения предложено добавить экологический индекс к расчету индекса человеческого развития. С целью подчеркнуть значимость экологических показателей для измерения уровня развития территории была применена методология расчета экологических показателей в индексе человеческого развития Е.В. Рюминой.

Индекс человеческого развития рассчитывается как среднее геометрическое из показателей по трем направлениям – здоровье (ожидалась продолжительность жизни при рождении); образование (грамотность среди взрослого населения, процент образованного населения); уровень жизни (валовый национальный доход на душу населения, в долларах США). Однако при измерении уровня развития территории, помимо этих трех показателей, важно учитывать экологические факторы. Потому что окружающая среда – это совокупность компонентов, влияющих на качество жизни, условия жизни и здоровье человека. Цель исследования – изучить влияние качества окружающей среды на расселение населения, качество жизни и здоровье человека. В связи с этим формула расчета экологической среды вместе с индексом человеческого развития будет следующей:

$$ИЧР_{\text{эко}} = \frac{1}{4} \times (3 \times ИЧР + I_{\text{эко}}), \quad (2)$$

где  $ИЧР_{\text{эко}}$  – экологический индекс человеческого развития,  $ИЧР$  – индекс человеческого развития,  $I_{\text{эко}}$  – индекс экологических показателей.

Показатели ИЧР города Баку, являющегося территорией исследования, были взяты из данных, собранных в рамках проекта «Globaldatalab» (Лаборатория глобальных данных), созданного при поддержке Европейского исследовательского совета [Проект «Globaldatalab», 2023]. В данном исследовании был рассчитан и применен к изучаемой территории только экологический индекс.

Для более точного определения влияния изменений в окружающей среде на здоровье населения был использован показатель частоты встречаемости заболеваний. Целью расчета заболеваемости в эпидемиологии является определение частоты повторного наблюдения за заболеванием в дополнение к уже имеющимся пациентам. Число новых пациентов, зарегистрированных в определенной местности за исследуемый период (пациентов, зарегистрированных с впервые установленным диагнозом), рассчитывается путем деления на общую численность населения, проживающего в этой местности. Количество выражается в основном в процентах:

$$\text{Заболеваемость} = a/(a + b) \times 100 \%. \quad (3)$$

Здесь  $a$  – число зарегистрированных больных с диагнозом, установленным впервые,  $a + b$  – численность населения, не подвергавшегося заболеванию [Noordzij et al., 2010].

Таким образом, наше исследование можно рассматривать как первое исследование по проблемам влияния качества окружающей среды на расселение и здоровье людей в столице Азербайджанской Республики – Баку.

При проведении исследования были применены статистический и сравнительный анализы с использованием официальных источников, опубликованных за последние годы (Государственный комитет по статистике Азербайджанской Республики).

## Результаты и их обсуждение

Бакинский городской территориальный округ состоит из 12 административных районов и 59 поселков. Его население составляет 2336,6 тыс. человек, из них в центре города проживает 1180 тыс. человек или 50,5 %, в пригородах – 1156,6 тыс. человек или 49,5 % (по состоянию на 01.01.2023). Несмотря на то, что город занимает 2,5 % территории страны, в нем проживает 23,1 % населения страны и 42,3 % от общей численности городского населения. Из 1146 тыс. жителей Баку – 49 % мужчины,

1190,6 тыс. человек, и 51 %, женщины [Демографические показатели Азербайджана, 2022]. В табл. 1 представлена динамика численности населения Баку за 2000–2022 годы. Анализ данных показывает, что количество жителей в городе неуклонно растет. За годы исследования наблюдался рост в 1,3 раза. Если рассматривать административные районы, то наибольший рост наблюдался в Хазарском административном районе – в 1,8 раза, в Сабунчинском административном районе – в 1,7 раза и в Бинагадинском административном районе – в 1,5 раза, а снижение наблюдалось в Ясамальском административном районе. Как видно, население пригородов росло высокими темпами по сравнению с центральными районами. Это связано с тем, что дома вокруг города дешевле и мигрирующее население чаще всего выбирает именно эти районы. Снижение численности населения, наблюдающееся в Ясамальском административном районе, связано с изменениями в структуре административной территории.

Таблица 1  
Table 1Численность населения и темпы роста в городе Баку  
Population number and growth rate in Baku city

Территория	Численность населения, тыс. человек				Темп роста, %
	2000	2010	2020	2022	
<b>Баку</b>	<b>1807,3</b>	<b>2092,4</b>	<b>2300,5</b>	<b>2336,6</b>	<b>129,3</b>
Бинагади	211,7	244,0	268,4	307,0	145,2
Карадаг	96,3	110,4	127,9	116,0	120,5
Хазар	117,8	172,2	168,4	204,7	173,8
Сабайл	74,8	92,4	102,6	101,6	135,8
Сабунчук	190,8	225,3	247,2	329,6	172,7
Сураханы	168,0	201,3	222,0	207,3	123,4
Нариманов	149,4	165,2	179,8	180,1	120,5
Насими	197,4	211,5	222,6	218,8	110,8
Низами	160,7	182,0	201,8	184,7	114,9
Хатаи	217,8	252,1	289,9	275,0	126,3
Ясамал	222,6	236,0	249,3	193,1	86,7
Пираллахи	–	–	20,6	18,7	–

Расселение – процесс исторического размещения населения в каком-либо регионе или территории, обусловленный природно-географическими, социально-экономическими и демографическими факторами. Плотность населения на 1 км<sup>2</sup> в Баку составила 1092 человека (по состоянию на 01.01.2023 г.), что в 117 раз превысило среднереспубликанский показатель (9,3 человек/км<sup>2</sup>) [Демографические показатели Азербайджана, 2022]. Наименьшая плотность составляет 119 человек/км<sup>2</sup> в Гарадагском районе и 21880 человек/км<sup>2</sup> в Насиминском районе. По статистике, самыми густонаселенными являются центральные районы Баку.

В наше время изучение состояния здоровья многочисленного населения Баку в связи с эколого-географической обстановкой является актуальным. Безусловно, медико-экологические и географические условия, социально-экономическая ситуация влияют на здоровье городского населения. Тот факт, что Баку является главным промышленным центром страны, стремительное развитие промышленности, расширение инфраструктуры и внедрение большого количества химических элементов в сферы деятельности человека привели к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами и острой экологической проблеме, что способствовало распространению заболеваний. Город Баку на протяжении многих лет, еще со времен вхождения в состав СССР, был чрезвычайно загрязнен из-за масштабной эксплуатации природных ресурсов; жидких, газообразных и твердых ве-

ществ, сбрасываемых различными промышленными предприятиями; сброса сточных вод в прилегающие территории и почвенно-водные объекты, особенно в зонах, прилегающих к промышленным предприятиям; коммунального обслуживания населения города; интенсивного развития транспорта и т. д. Экологическая ситуация, на которую оказали влияние промышленные зоны города Баку, привела к широкому распространению заболеваний, особенно онкологических.

Загрязнения, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями Баку, оказывают серьезное влияние на здоровье людей. Например, на предприятиях черной металлургии (за счет воздействия углеводородов и воздействия аэрозоля оксида хрома), в цветной металлургии (соединений фтора), на предприятиях по производству никеля и кобальта (полиметаллических порошков, аэрозолей никеля и его соединений, карбонила никеля), на предприятиях по производству алюминия (газообразный фтор, общий фтор, фтороводород и фторсодержащие соли (кремнийфторид, алюминийфторид), аэрозоли оксида хрома, угольная пыль, оксиды и диоксиды углерода, углеводороды с сернистым газом), на предприятиях по производству цемента (порошки, содержащие оксид кремния, кальция, магния, железо, мышьяк, ртуть, свинец, фтор и соединения фтора), на предприятиях нефтехимической промышленности (сероводород и углеводороды, серный газ, серная кислота, окись углерода, аммиак, фенол, бензол, синтетические жирные кислоты, олефины, ацетон, парафины, спирты), на предприятиях по производству искусственного каучука (сложные химические отходы – хлорвинил, винилхлорид, дихлорэтан, метилметакрилат, нутанол, ацетонциангидрид, метакриловая кислота, сульфидный ангидрид, фосген, хлорбензол, карбопактан и др.) приводят к образованию злокачественных новообразований (опухолей), рака легких и повышению смертности [Рзаева, 2015].

Статистический анализ, проведенный органами санитарного контроля города Баку, показывает, что озера, расположенные на Апшеронском полуострове, оказывают большое негативное воздействие на организм человека. Таким образом, в теплые месяцы года в атмосферу выбрасывается большое количество вредных веществ (углеводороды, пары кислот, щелочей, фенол и т. д.) из-за испарения воды в озерах. В зависимости от направления ветра загрязненная вредными веществами воздушная масса распространяется по полуострову и играет важную роль в развитии различных заболеваний, в том числе онкологических, среди населения [Рюмина, 2016].

Ухудшение экологической ситуации влияет на климатические условия города Баку, вызывая определенные изменения в состоянии здоровья людей. Наряду с орографическими метеорологическими условиями, масштабы экологической ситуации, обусловленной синоптическими условиями, значительно шире. Результаты исследований в этой области показывают, что в зависимости от индивидуальных синоптических условий уровень загрязнения воздуха меняется. В результате влияния температуры воздуха, изменения атмосферного давления и его динамики, плотности кислорода в воздухе и других биометеорологических процессов, метеопатической реакции в организме человека создается среда для возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Атмосферное давление более чувствительно у людей с сердечно-сосудистыми и гипертоническими заболеваниями. Результаты клинических и физиологических наблюдений, проведенных врачами кардиологического санатория «Бильгах» в Баку, показывают, что влияние синоптико-экологической обстановки на возникновение сердечно-сосудистых заболеваний очень велико.

Наиболее загрязненным и подверженным антропогенному воздействию слоем является атмосферный. Загрязнение атмосферы является одним из основных факторов, влияющих на качество жизни, а также одной из основных экологических проблем в Баку [Газиев, 2005]. В последние годы увеличение количества транспортных средств в городе, нехватка газоочистителей и пылеуловителей для сбора вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при сжигании отходов на свалках, и так далее загрязняют атмосферу.

Большая часть отходов образуется на промышленных предприятиях. Баку лидер по выбросу загрязняющих веществ из стационарных источников в атмосферу. В 2022 году эта доля составляла 79,7 % по всей стране. В частности, в Гарадагском, Низаминском, Пираллахинском и Сабаильском районах Баку количество этих веществ значительно выше, чем в других районах. Большая часть этих загрязняющих веществ – 91,6 % – состоит из газов и газоподобных веществ, жидких веществ и небольшой части твердых частиц.

За анализируемый нами период количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу стационарными источниками, как в стране, так и в Баку, уменьшилось. В 2000 году в Баку в атмосферу было выброшено 333,8 тыс. тонн загрязняющих веществ, в 2010 году этот показатель сократился в 2 раза, а в 2022 году – в 2,6 раза до 126,4 тыс. тонн. Многолетние показатели имеют отрицательную динамику в стране и Баку (рис. 1).

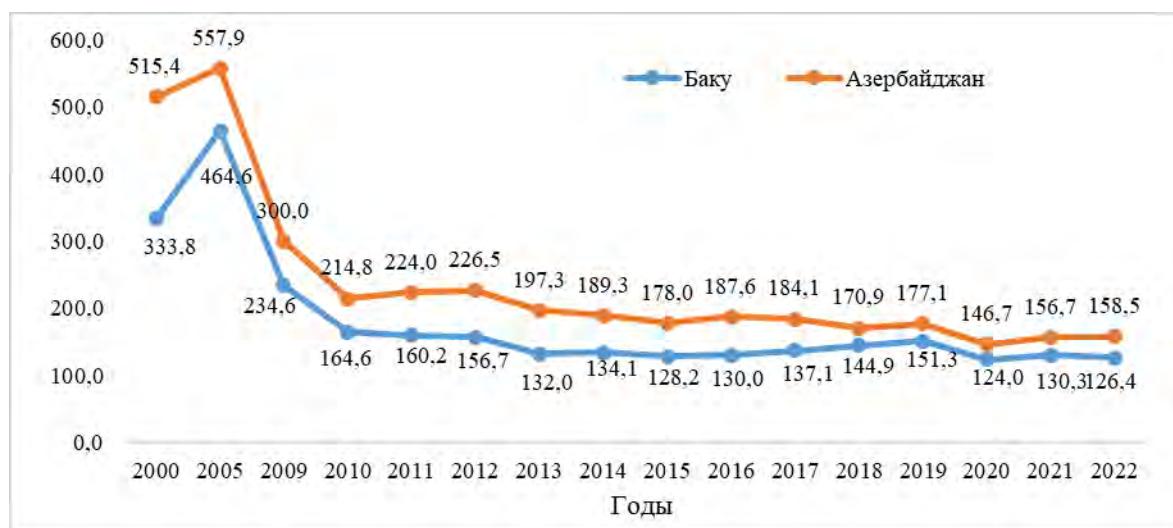


Рис. 1. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух, тыс. тонн

Fig. 1. Emissions of pollutants from stationary sources into the atmospheric air, thousand tons

Огромную роль в снижении загрязнения сыграло подписание Закона «Об охране атмосферного воздуха» (2001 год), заложившего правовую основу охраны атмосферного воздуха. Закон направлен на реализацию прав населения жить в благоприятной окружающей среде и получать достоверную информацию о ее состоянии. О влиянии качества окружающей среды на здоровье человека свидетельствует тот факт, что в этот период произошло заметное снижение смертности от болезней органов дыхания как в городах, так и в селах республики [Мамедова, 2023]. В соответствии с реализуемыми государственными программами, применение экологической очистки промышленных предприятий, выделяющих такие газы, удаление их за пределы города, технологическое обновление или закрытие показали свой положительный эффект. Но, несмотря на это, Баку остается самым напряженным регионом в стране. По результатам мониторинга воздуха, проведенного в Баку, видно, что среднесуточная концентрация загрязняющих веществ, угарного газа, пыли и сажи в воздухе за последние 10 лет увеличилась в 2–3 раза. В настоящее время она стала намного выше, что привело к серьезным последствиям для здоровья населения [Бадалов, 2016].

Была проанализирована связь между количеством загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу из стационарных источников в Баку, и ИЧР, которая представлена в виде уравнения линейной регрессии. Анализ линейных уравнений показывает, что более низкие значения выбросов загрязняющих веществ из неподвижных частиц соответствуют более высоким значениям ИЧР и наоборот. Результат коэффициента корреляции составляет –0,900. Это показывает, что существует отрицательная корреляция между количеством отходов и ИЧР (рис. 2).

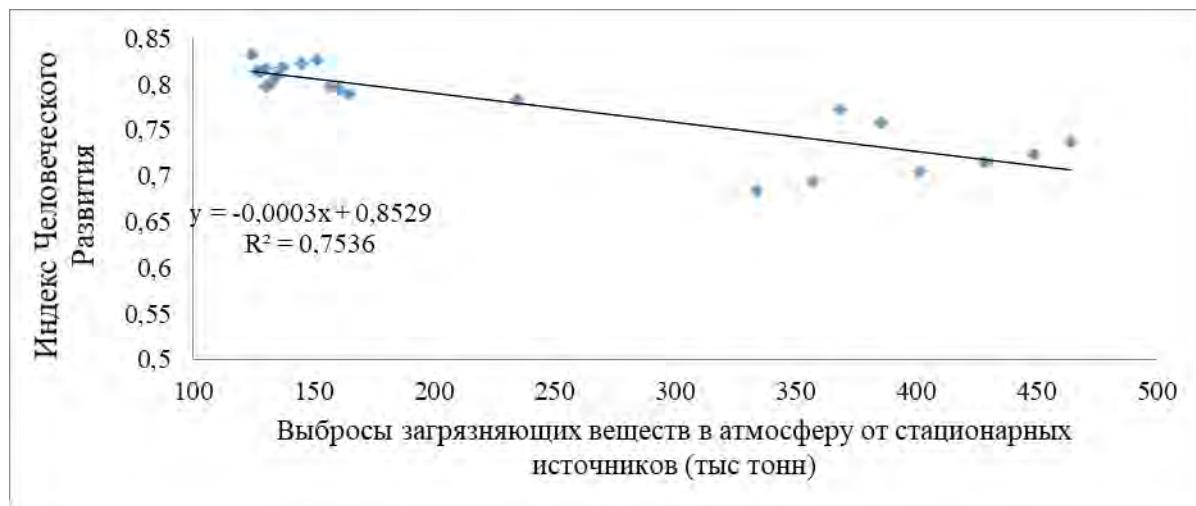


Рис. 2. Зависимость между загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу из стационарных источников в Баку, и индексом человеческого развития, 2000–2020  
 Fig. 2. Relationship between pollutants emitted into the atmosphere from stationary sources in Baku and the Human Development Index, 2000–2020

Итак, существует связь между экологическим фактором и ИЧР. Поэтому важно учитывать экологические факторы при измерении уровня развития территории. В связи с этим мы применили индекс качества окружающей среды для исследуемой территории, используя эти показатели. Здесь в качестве экологического показателя рассчитывался индекс выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из стационарных источников, а среднее геометрическое находилось путем расчета его совместно с ИЧР (табл. 2).

Таблица 2  
 Table 2

Включение качества окружающей среды в индекс человеческого развития в Баку  
 Inclusion of environmental quality in the Human Development Index in Baku

Индексы	2000	2010	2020
Индекс человеческого развития (ИЧР)	0,684	0,795	0,798
Экологический индекс ( $I_{\text{эко}}$ )	0,352	0,234	0,155
Экологический индекс человеческого развития (ИЧР <sub>эко</sub> )	0,601	0,654	0,637

Благодаря сокращению количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу из стационарных источников в Баку, качество окружающей среды в этот период также было высоким. Так, если в 2000 году экологический индекс составлял 0,352, то качество окружающей среды выросло на 44 % до 0,155 в 2020 году. Соответственно, показатели ИЧР<sub>эко</sub> также выросли за 20-летний период. Объединение экологического индекса с индексом качества жизни обеспечивает более полное понимание взаимосвязи между благополучием человека и окружающей средой. Такая интеграция позволяет выявить области, в которых деградация окружающей среды может препятствовать человеческому развитию и наоборот. Как видно из табл. 2, если учитывать окружающую среду, в городе Баку индекс человеческого развития снижается. Таким образом, показатели качества жизни связаны между собой и могут влиять друг на друга. Например, качественная окружающая среда может улучшить качество жизни в целом за счет формирования здорового населения.

Крупные города с высоким уровнем загрязнения воздуха считаются опасными для здоровья человека. Из них наиболее загрязняют атмосферу оксиды углерода, оксиды серы, оксиды азота, углеводороды и твердые вещества. Когда  $\text{SO}_2$ , считающийся самым опасным газом для человека и других живых существ, вдыхается вместе с воздухом, он соединяется с влагой в легких и превращается в серную кислоту. Это раздражает и

повреждает верхние дыхательные пути. Оксид азота-2 (NO) накапливается в дыхательных путях и повреждает нижние дыхательные пути. Он также увеличивает восприимчивость легких к бактериальным инфекциям, вступая в реакцию с другими загрязнителями окружающей среды. Окись углерода (CO) значительно затрудняет движение кислорода в крови. Недостаток кислорода в крови вызывает функциональные нарушения в стенках сосудов сердца, чувствительных органах и тканях, таких как мозг и сердце. Небольшое воздействие газа CO вызывает головокружение, тошноту, помутнение зрения. Большое количество может даже привести к смерти [Rigas et al., 1997].

Неслучайно большинство пациентов, зарегистрированных в Баку в последние годы, – это люди, страдающие заболеваниями органов дыхания. Так, в 2020 году из 457,3 тыс. случаев заболевания 205,5 тыс. человек были связаны с заболеваниями органов дыхания, что составило 45 % от общего числа больных [Здравоохранение, социальная защита и жилищные..., 2022]. Доля болезней органов дыхания среди населения города составила 7 %. В Сабаильском районе, где больше всего выбрасывается в атмосферу оксидов углерода (4756,5 тонн) и азота (8913 тонн), зарегистрировано 1856,6 больных на 10000 человек, самая высокая заболеваемость (19 %) отмечена в городе Баку (табл. 3).

Таблица 3  
Table 3

Загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу из стационарных источников,

плотность населения и заболеваемость населения Баку, (2020)

Pollutants emitted into the atmosphere from stationary sources, population density  
and morbidity of the population in Baku (2020)

Территория	Количество больных, имеющие заболевание органов дыхания (пациенты, зарегистрированные с впервые установленным диагнозом)	Заболеваемость		Плотность населения на 1 км <sup>2</sup> , люди (01.01.2021)	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (в тоннах)		
		Число больных с заболеваниями органов дыхания на 10.000 человек населения	%		серный ангидрид	угарный газа	оксиды азота
Азерб. Республика	677 346	679,2	7	117	1123,3	17317,2	21012,7
город Баку	205 509	894,8	9	1075	941,1	11409,9	14015,5
В том числе: Административные округа							
Бинагади	32 715	1 220,8	12	1 579	11,7	39,5	27,5
Хатаи	24 026	830,7	8	9 663	3,8	84,9	144,1
Хазар	17 174	1 021,8	10	455	1,3	366	1224,6
Карадаг	15 492	1 215,6	12	118	4,8	3061	2531,9
Нариманов	9 144	509,2	5	8 990	56,2	188,6	84,7
Насими	8 908	400,5	4	22 260	4,2	32,6	13,9
Низами	22 116	1 097,5	10	10 090	734,1	939,2	192,4
Пираллахи	2 501	1 214,2	12	687	0	1654,5	469,4
Сабинчу	24 722	1 001,6	10	1030	5,3	137,1	275
Сабайл	19 020	1 856,6	19	3 420	115,2	4756,5	8913
Сураханы	15 858	715,6	7	9 663	3	134,3	114,7
Ясамал	13 833	555,4	6	12 465	1,5	15,7	24,3

В ходе исследования одной из основных целей было изучение роли загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу из этих регионов, в географическом

распространении заболеваний органов дыхания в административных районах Баку. В результате установлено, что существует линейная и положительная статистически значимая корреляция между заболеванием и выбросами оксидов ( $r = 0,80471$ ,  $P < 0,005$ , CI (0,4180–0,9416)) и оксидов азота ( $r = 0,765992$ ,  $P < 0,005$ , CI (0,3514–0,932)) угарного газа в атмосферу в административных районах. В результате регрессионного анализа была получена зависимость между переменными. На основе материалов, приведенных в табл. 2, был построен график функции связи между переменными. Как видно из графика (рис. 3), географическое распределение заболеваний органов дыхания в Баку по административным районам показало зависимость на 65 % (рис. 3а) от количества угарного газа, выбрасываемого в атмосферу из стационарных источников, и 60 % (рис. 3б) от количества оксидов азота в этих регионах. Никакой существенной связи между диоксидом серы и географическим распространением заболевания не выявлено.

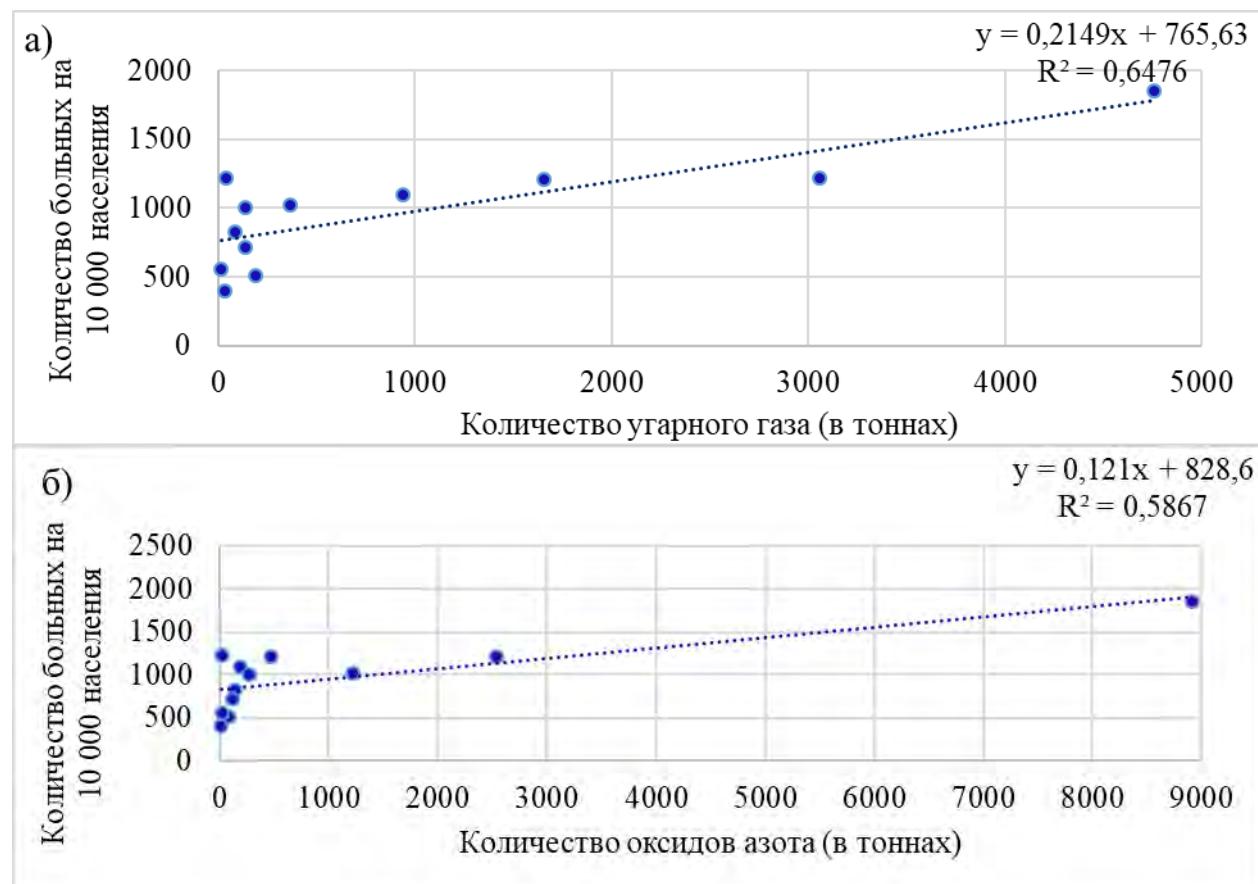


Рис. 3. График зависимости между выбросами угарного газа и азота из стационарных источников в атмосферу и количеством больных с диагностированными заболеваниями органов дыхания в административных районах города Баку (2020)

Fig. 3. Graph of the relationship between carbon monoxide and nitrogen oxides emitted from stationary sources into the atmosphere and the number of patients diagnosed with respiratory system diseases in the administrative regions of Baku (2020)

В ходе исследования была проанализирована связь между плотностью населения и заболеваниями органов дыхания в районах Баку. Установлено, что уровень заболеваемости был низким в густонаселенных районах, таких как Насими, Ясамаль, Хатаин и Наримановский. Заболеваемость выше в основных промышленных регионах с низкой плотностью населения, таких как Гарадаг (118 человек/км<sup>2</sup>), Хазар (455 человек/км<sup>2</sup>), Пираллахи (687 человек/км<sup>2</sup>) (см. табл. 2). В результате корреляционного анализа установлена обратная зависимость ( $r = -0,6$ ).

При этом примечательно, что заболеваемость высока (10–12 %) в таких регионах (см. табл. 1), как Хазарский (1,8 раза), Сабунчинский (1,7 раза) и Бинагадинский (1,5 раза), где численность населения растет высокими темпами (см. табл. 2). Возможность увеличения количества жителей в регионах с низкой плотностью населения за счет миграции в город дает основание прогнозировать, что число больных также увеличится.

### Заключение

Качество окружающей среды оказывает существенное влияние на расселение населения, качество жизни и здоровье человека. Определена связь между загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу из стационарных источников, и индексом человеческого развития (ИЧР), при этом результат коэффициента корреляции составил – 0,900, а коэффициент зависимости составил 75 %. Установлено, что за анализируемый период количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу снизилось на 37,8 %, экологический индекс увеличился на 44 %. С включением экологического индекса в ИЧР коэффициент ИЧР снизился. В результате анализа установлено, что существует взаимосвязь между качеством окружающей среды и качеством жизни. При оценке уровня развития социально-экономически благополучного города Баку, если учитывать качество окружающей среды, экологический коэффициент ИЧР снижается по сравнению с ИЧР.

В результате проведенных исследований установлены статистически значимые, линейные и положительные корреляции между заболеваемостью и выбросами угарного газа и азота в атмосферу в административных районах города. Заболеваемость респираторными заболеваниями в Баку на 65 % зависит от количества угарного газа и на 60 % от количества оксидов азота.

Была определена обратная связь между плотностью населения и количеством респираторных заболеваний в Баку. Так, заболеваемость выше (10–12 %) в основных промышленных регионах с низкой плотностью населения, таких как Гарадаг, Хазар и Пираллахи. Примечательно, что в таких регионах, как Хазарский (1,8 раза), Сабунчинский (1,7 раза) и Бинагадинский (1,5 раза), где население растет высокими темпами, заболеваемость также остается высокой (10–12 %). В этих районах наблюдается рост населения за счет того, что дома дешевеют. При этом, если быстрый рост населения продолжится в тех регионах, где высока заболеваемость респираторными заболеваниями, то эпидемиологическая нагрузка на эти регионы также может расти высокими темпами. Для решения данной проблемы необходимо сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Наряду с этим следует предпринимать меры, направленные на предотвращение ложной урбанизации в Баку за счет обеспечения социально-экономического развития регионов и решения проблем занятости населения.

### Список источников

- Демографические показатели Азербайджана. 2022. Баку, Государственный комитет статистики Азербайджанской Республики, 560 с.
- Доклад о состоянии здравоохранения в мире, 2000 г., Системы здравоохранения: улучшение эффективности. 2000. Женева, Всемирная организация здравоохранения, 232 с.
- Здравоохранение, социальная защита и жилищные условия в Азербайджане. 2021. Баку, Госкомстат Азербайджанской Республики, 268 с.
- Здравоохранение, социальная защита и жилищные условия в Азербайджане. 2022. Статистическое издание. Электронный ресурс. URL: <https://www.stat.gov.az/source/healthcare/> (дата обращения: 01.11.2023)
- Перцик Е.Н. 2016. Геурбанистика. Москва, Юрайт, 435 с.

Проект «Globaldatalab» (Лаборатория глобальных данных), созданный при поддержке Европейского исследовательского совета. Субнациональные данные ИЧР регионов Азербайджана. Электронный ресурс. URL: <https://globaldatalab.org/shdi/table/shdi/AZE/> (дата обращения: 10.12.2023)

### Список литературы

- Бадалов Е.С. 2016. Социально-демографические проблемы и проблемы расселения в Абшеронском экономико-географическом регионе. Баку, Агропа, 200 с.
- Газиев А.П. 2005. Эпидемиология, медицинские, демографические и социально-экономические аспекты злокачественных опухолей в Азербайджане. Автореф. дис. ... док. мед. наук. Баку, 56 с.
- Гулиев С.Б. 2011. Уровень жизни: социально-экономические факторы, вызывающие и снижающие бедность. Баку, Агропа, 240 с.
- Мамедов Ш.И. 2015. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения крупных городов Азербайджана. Сельское хозяйство и науки о жизни, 2(1): 133–139.
- Мамедова А.Р. 2023. Динамика смертности от болезней органов дыхания в городских и сельских поселениях Азербайджана. В кн.: Интеграция науки и образования: современные проблемы географии. Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию общенационального лидера Гейдара Алиева, Баку, 22–23 ноября 2023. Баку, Труды Азербайджанского Географического Общества, 2: 61–69.
- Мурадов Ш.М. 2004. Человеческий потенциал: основные тенденции, реалии, вызовы. Баку, Элм, 660 с.
- Мирзаева З.А. 2023. Особенности расселения и развития населения в городе Баку. В кн.: Город и люди: пространство и время. Международная научная конференция, Смоленск, 28–30 апреля 2023. Москва, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова: 254–259.
- Рзаева С.И. 2015. Медико-географические проблемы изучения онкологических заболеваний на Апшеронском полуострове. География и природные ресурсы, труды Азербайджанского географического общества, 2: 107–111.
- Рюмина Е.В. 2016. Экологические аспекты оценки качества жизни. Экономика региона, 12(4): 1113–1122. <https://doi.org/10.17059/2016-4-13>
- Салимов М.Ш. 2004. Оценка качества жизни населения в регионе. Дис. ... канд. экон. наук. Саранск, 50 с.
- Эминов З.Н., Рзаева С.И. 2022. Современное состояние качества жизни населения Азербайджанской Республики. Баку, ММК «Регион Пресс», 240 с.
- Huseynova T.M. 2022. An Evaluation of the Life Quality and Human Development Index (on the Example of the Greater Caucasus Province of the Republic of Azerbaijan). Geography and tourism, 68: 29–37. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.68.29-37>
- Noordzij M., Dekker F.W., Zoccali C., Jager K.J. 2010. Measures of Disease Frequency: Prevalence and Incidence. Nephron Clinical Practice 115(1): 17–20. <https://doi.org/10.1159/000286345>
- Rigas M.L., Ben-Jebria A., Ultman J.S. 1997. Longitudinal Distribution of Ozone Absorption in the Lung: Effects of Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Ozone Exposures. Archive of Environmental Health: An International Journal, 52(3): 173–178. <https://doi.org/10.1080/00039899709602883>

### References

- Badalov E.S. 2016. Sotsial'no-demograficheskie problemy i problemy rasselenija v Absheronском ekonomiko-geograficheskem regione [Social-Demographic Problems and Settlement Issues in the Absheron Economic-Geographical Region]. Baku, Pabl. Avropa, 200 p.
- Gaziev A.P. 2005. Jepidemiologija, medicinskie, demograficheskie i social'no-jekonomicheskie aspekty zlokachestvennyh opuholej v Azerbajdzhanie [Epidemiology, Medical, Demographic, and Socio-Economic Aspects of Malignant Tumors in Azerbaijan]. Abstract dis. ... cand. med. sciences. Baku, 56 p.
- Guliyev S.B. 2011. Uroven' zhizni: social'no-jekonomicheskie faktory, vyzyvajushchie i snizhajushchie bednost' [Standard of Living: Socio-Economic Factors Causing and Reducing Poverty]. Baku, Pabl. Avropa, 240 p.

- Mamedov Sh.I. 2015. Ocenna vlijanija zagryaznenija atmosfernogo vozduha na zdorov'e naselenija krupnyh gorodov Azerbajdzhana [Assessment of the Impact of Air Pollution on the Health of the Population in Large Cities of Azerbaijan]. Sel'skoe hozjajstvo i nauki o zhizni, 2(1): 133–139.
- Mamedova A.R. 2023. Dinamika smertnosti ot boleznej organov dyhanija v gorodskih i sel'skikh poselenijah Azerbajdzhana [Mortality Dynamics from Respiratory Diseases in Urban and Rural Settlements of Azerbaijan]. In: Integraciya nauki i obrazovanija: sovremennye problemy geografii [Science and Education Integration: Modern Problems of Geography]. Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference, Dedicated to the 100th Anniversary of National Leader Heydar Aliyev, Baku, 22–23 November 2023. Baku, Pabl. Trudy Azerbaydzhanskogo Geograficheskogo Obshchestva 2: 61–69.
- Muradov Sh.M. 2004. Chelovecheskij potencial: osnovnye tendencii, realii, vyzovy [Human Potential: Main Trends, Realities, Challenges]. Baku, Pabl. Elm, 660 p.
- Mirzayeva Z.A. 2023. Features of Settlement and Development of the Population in the City of Baku. In: City and People: Space and Time. International Scientific Conference, Smolensk, 28–30 April 2023. Moscow, Pabl. Lomonosov Moscow State University: 254–259 (in Russian).
- Rzaeva S.I. 2015. Medical-Geographical Problems of Studying Oncological Diseases on the Absheron Peninsula. Geography and Natural Resources, Proceedings of the Azerbaijan Geographical Society, 2: 107–111 (in Azerbaijani).
- Ryumina Ye.V. 2016. Ecological Aspects of the Assessment of Quality of Life. Economy of regions, 12(4): 1113–1122 (in Russian). <https://doi.org/10.17059/2016-4-13>
- Salimov M.Sh. 2004. Ocenna kachestva zhizni naselenija v regione [Assessment of the Quality of Life of the Population in the Region]. Dis. ... cand. econom. Sciences. Saransk, 50 p.
- Eminov Z.N., Rzaeva S.I. 2022. Current State of the Quality of Life of the Population of the Republic of Azerbaijan. Baku, Pabl. MMK "Region Press", 240 p. (in Azerbaijani).
- Huseynova T.M. 2022. An Evaluation of the Life Quality and Human Development Index (on the Example of the Greater Caucasus Province of the Republic of Azerbaijan). Geography and tourism, 68: 29–37. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2022.68.29-37>
- Noordzij M., Dekker F.W., Zoccali C., Jager K.J. 2010. Measures of Disease Frequency: Prevalence and Incidence. Nephron Clinical Practice 115(1): 17–20. <https://doi.org/10.1159/000286345>
- Rigas M.L., Ben-Jebria A., Ultman J.S. 1997. Longitudinal Distribution of Ozone Absorption in the Lung: Effects of Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Ozone Exposures. Archive of Environmental Health: An International Journal, 52(3): 173–178. <https://doi.org/10.1080/00039899709602883>

Поступила в редакцию 03.02.2025;  
поступила после рецензирования 04.03.2025;  
принята к публикации 20.04.2025

Received February 03, 2025;  
Revised March 04, 2025;  
Accepted April 20, 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

**Рзаева Солмаз Исағ кызы**, кандидат географических наук, Заведующий отделом «Медицинской географии», Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева. г. Баку, Азербайджанская Республика

**Мамедова Айшан Рамиз кызы**, докторант, научный сотрудник отдела Медицинской географии, Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева. г. Баку, Азербайджанская Республика

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Solmaz I. Rzayeva**, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Medical Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev of the Baku, Republic of Azerbaijan

**Ayshan R. Mammadova**, doctoral student, researcher at the Department of Medical Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev of the Baku, Republic of Azerbaijan

**Мирзаева Зейнаб Азер кызы**, докторант, научный сотрудник отдела Медицинской географии, Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева. г. Баку, Азербайджанская Республика

**Гусейнова Турана Махмуд гызы**, докторант, научный сотрудник отдела Медицинской географии, Министерство науки и образования Азербайджанской Республики, Институт географии имени акад. Г.А. Алиева. г. Баку, Азербайджанская Республика

**Zeynab A. Mirzayeva**, doctoral student, researcher at the Department of Medical Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev of the Baku, Republic of Azerbaijan

**Turana M. Huseynova**, doctoral student, researcher at the Department of Medical Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev of the Baku, Republic of Azerbaijan

УДК 504.054

DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400

EDN WNTRTR

## Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа

Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В.

Воронежский государственный университет

Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

ninochka\_v89@mail.ru, esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования – эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее приоритетных экотоксикантов. Было выбрано 13 площадок отбора образцов верхних слоев почв урбоценозов города Воронежа, а также 1 заповедная территория в качестве образцов сравнения. Атомно-абсорбционным методом определяли содержание валовых и подвижных форм основных токсичных элементов (ртути, кадмия, свинца, мышьяка, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди). Методом газовой хроматографии вели определение остаточных хлорорганических пестицидов. Показаны территории, для которых характерно загрязнение верхних слоев почв теми или иными элементами. Выявлено практическое отсутствие остаточных хлорорганических пестицидов в почвах урбоценозов региона. Наиболее значимым лимитирующим показателем качества исследуемых почв урбоценозов явилось содержание в них подвижных форм меди – превышение предельно допустимых норм по данному показателю выявлено в 57 % исследуемых образцов, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов в атмосферу промышленных предприятий и транспорта, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв и, как следствие, малой способностью к прочной фиксации металлов.

**Ключевые слова:** урбанизированные территории, почвы, мышьяк, тяжелые металлы, валовое содержание, подвижные формы, хлорорганические пестициды

**Благодарности:** настоящие исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272>.

**Для цитирования:** Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В. 2025. Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа. Региональные геосистемы, 49(2): 389–400.

DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400 EDN: WNTRTR

---

## Ecological Assessment of Urbogenic Soils in the City of Voronezh

Nina A. Dyakova, Sergey A. Yeprintsev, Syuzanna V. Shekoyan

Voronezh State University

1 Universitetskaya Sq, Voronezh 394018, Russia

ninochka\_v89@mail.ru, esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the study is an ecological and hygienic assessment of the soils of the urbocenoses in Voronezh in terms of the highest priority ecotoxins content. Thirteen sites for sampling the upper layers of urbogenic soils were selected in the city, along with one protected area as a comparison sample. The content of total and labile forms of the main toxic elements (mercury, cadmium, lead, arsenic, nickel, zinc, cobalt, chromium, and copper) was determined by the atomic absorption method. Residual organochlorine pesticides were determined by gas chromatography. The study revealed areas typically contaminated with some elements in the upper layers of soil and showed that the region's urbocenoses did not contain residual organochlorine pesticides. The most significant limiting indicator of the quality of the soils under study was the content of labile copper forms – an excess of the maximum

permissible standards for this indicator was found in 57 % of the samples, which can be associated with insufficient efficiency of cleaning industry and vehicle emissions into the atmosphere, as well as with a low humus content in urbanized soils, and, as a result, a low metal fixation capacity.

**Keywords:** urbanized territories, environmental quality, atmospheric air, drinking water, anthropogenic pollutants

**Acknowledgements:** This study was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, project No. 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

**For citation:** Dyakova N.A., Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V. 2025. Ecological Assessment of Urbogenic Soils in the City of Voronezh. *Regional Geosystems*, 49(2): 389–400 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400 EDN: WNTRTR

## Введение

Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду диктует необходимость постоянного мониторинга экологического состояния как естественных экосистем, так и искусственно созданных человеком [Hansen et al., 2022]. В данных условиях почва, а особенно верхние ее слои, является ключевым депонирующими компонентом антропогенной экосистемы [Allen, Barn, 2020].

Воронежская область относится к важным агропромышленным субъектам Российской Федерации [Епринцев, 2022]. Регион обладает ежегодным приростом индекса промышленного производства, составляющим на 2023 год 107 % [Дьякова и др., 2024]. Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду диктует необходимость постоянного мониторинга экологического состояния и основных тенденций развития урбоценозов [Myeong, Shahzad, 2021; Kiaei et al., 2024].

Приоритетными источниками загрязнения окружающей среды экотоксикантами являются автотранспорт (до 80 % антропогенного влияния на окружающую среду), применение ядохимикатов и удобрений, промышленные предприятия [Побилат, Волошин, 2021; Лопатина, 2024]. Выбросы автотранспорта происходят непосредственно над поверхностью почвы, однако концентрация экотоксикантов и расстояние, на которое осуществляется их рассеивание, значительно варьируют [Плахов и др., 2023]. Распространение экотоксикантов от промышленных предприятий концентрации экотоксикантов зависит от розы ветров, климатических и погодных условий, особенностей очистных и выхлопных сооружений [Yang et al., 2023; Полетаев, Севрюков, 2024; Zhou et al., 2024].

Ежегодно растет тоннаж используемых пестицидов и удобрений [Novykh et al., 2021; Новых и др., 2024]. В Воронежской области, обладающей свыше 700 сельскохозяйственных растениеводческих объектов общей площадью более 3 тыс. га, применение пестицидов составляет около 1,5 тыс. т в год [Дьякова, 2022; Доклад..., 2024]. При этом обнаружение наиболее устойчивых в объектах окружающей среды (период полураспада более 20 лет) ядохимикатов – хлорорганических пестицидов – отмечают на значительном удалении от мест их использования (сотни километров) [Goleusov, Malyshev, 2021].

Принимая во внимание ежегодно возрастающее воздействие на флору и фауну тяжелых металлов и пестицидов, как наиболее приоритетных экотоксикантов в силу их распространенности, токсического эффекта и способности к кумуляции, необходимо комплексное исследование экологического состояния почв урбоценозов Воронежской области.

Целью исследования являлась эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее токсичных тяжелых металлов и пестицидов.

## Объекты и методы исследования

Исследования проводили на примере урбоценозов города Воронежа, вблизи наиболее значимых объектов хозяйственного пользования [Куролап и др., 2010]. Места пробоотбора расположены в зонах предполагаемого загрязнения почвы промышленно-

транспортными объектами (рис. 1). Схема розы ветров представлена на рис. 2. Пробы почв отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019 методом конверта на удалении 0–50 м от обочины дороги на улице Димитрова; на удалении 500–800 м от теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) «ВОГРЭС»; на удалении 500–900 м от химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук»; вблизи взлетно-посадочных полос международного аэропорта Воронеж им. Петра Первого; на расстоянии 0–50 м от правого берега низовья Воронежского водохранилища (вблизи Химзатона); на удалении 0–300 м с шагом в 100 м от автомагистрали М-4 «Дон» на выезде из г. Воронежа; на удалении 0–300 м с шагом в 100 м от железнодорожного пути вблизи станции Графская Железнодорожного района г. Воронежа; в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике им. В.М. Пескова вблизи поселка Краснолесный (Железнодорожный район г. Воронежа) – контрольная точка заготовки образцов (табл. 1). Исследовали верхние слои почв (0–20 см), так как именно они подвергаются наибольшему антропогенному воздействию.

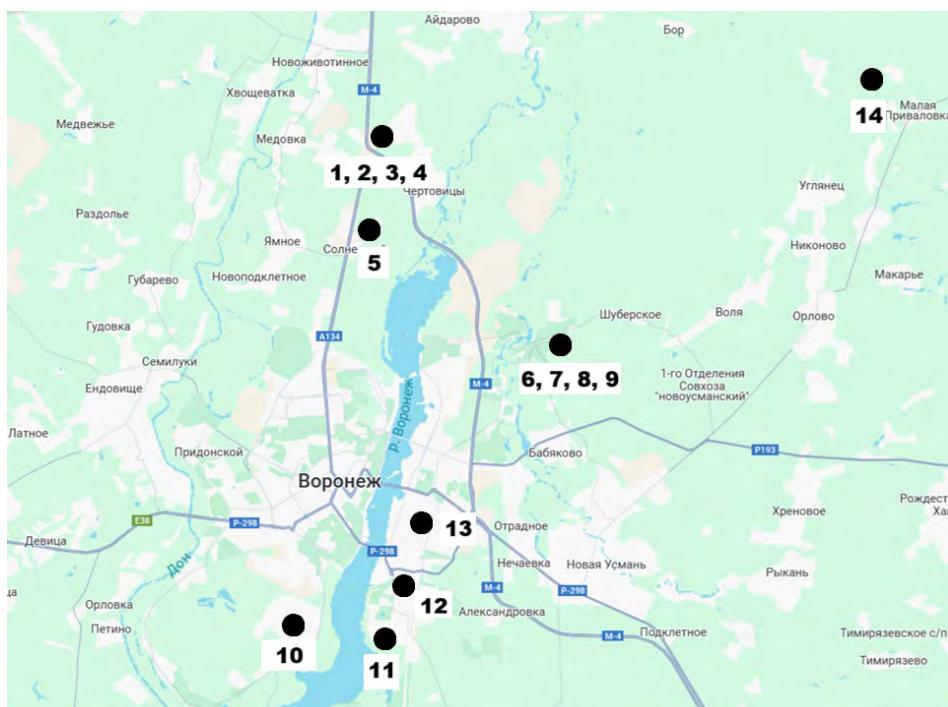


Рис. 1. Карта-схема пунктов отбора проб (обозначения расшифрованы в табл. 1)  
Fig. 1. Schematic map of sampling points (symbols are deciphered in Table 1)

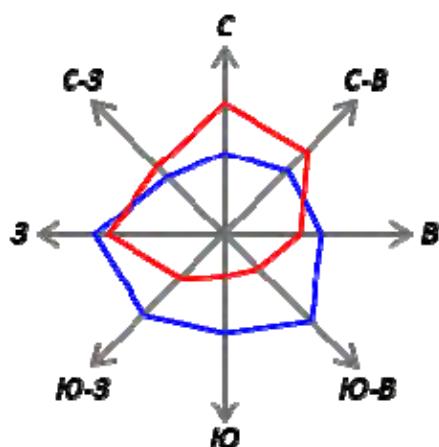


Рис. 2. Схема розы ветров (красная линия – июль, синяя – январь)  
[Строительные онлайн калькуляторы..., 2025]  
Fig. 2. Wind rose scheme (red line – July, blue – January)  
[Online construction calculators ..., 2025]

Таблица 1  
 Table 1

Характеристика территорий отбора проб  
 Characteristics of sampling areas

№ п/п	Территория отбора пробы	Координаты места заготовки	Тип почвы	Эколо- функциональ- ная зона	Экологическая характеристика объекта	
Урбоценозы						
1.	Автомагистраль М-4 «Дон» (0 м)	51.850626, 39.215121	серые лесостеп- ные среднесу- глинистые	Транспортная	Относится к IA категории автомобильных дорог. Точки отбора образцов почв были выбраны в лесной зоне с преобладанием смешанных лесов, что позволило отследить характер распространения экотоксикантов от крупной автомобильной транспортной магистрали при наличии естественного барьера. Место сбора располагалось на 491-ом километре трассы М-4 в 3–5 километрах от г. Воронежа	
2.	Автомагистраль М-4 «Дон» (100 м)	51.850626, 39.215122				
3	Автомагистраль М-4 «Дон» (200 м)	51.850626, 39.215123		Коммунально- складская		
4.	Автомагистраль М-4 «Дон» (300 м)	51.850626, 39.215124				
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	51.809360, 39.224236	серые лесные суглинистые	Транспортная	Международный аэропорт, расположенный в Рамонском районе в лесостепной природной зоне. Наибольшее загрязнение окружающей среды происходит в зоне аэропортов во время посадки и взлета самолетов, что проявляется повышенными концентрациями экотоксикантов в почвах приаэродромных территорий	
6.	Железнодорожные пути (0 м)	51.886364, 39.595095	серые лесные суглинистые	Транспортная	Узловая железнодорожная станция Юго-Восточной железной дороги, на удалении 2 км от ближайшего населенного пункта. Растительность представлена смешанными лесами с преобладанием ельников. Точки отбора образцов почв были выбраны в лесной зоне, что позволило отследить характер распространения экотоксикантов от дороги при наличии естественного барьера.	
7.	Железнодорожные пути (100 м)	51.886364, 39.595097				
8.	Железнодорожные пути (200 м)	51.886365, 39.595099		Коммунально- складская		
9.	Железнодорожные пути (300 м)	51.886365, 39.595101	серые лесостеп- ные среднесу- глинистые	Промышленная	В водохранилище производят сброс сточных вод большинство промышленных предприятий города. Представлялось актуальным проследить возможное влияние загрязненного водоема на прибрежную растительность, поэтому сбор образцов для анализа проводили на расстоянии 0–3 м от правого берега низовья водохранилища	
10.	Низовые Воронежского водохранилища (Химзатон)	51.566783, 39.155915				

Окончание таблицы 1  
End of the table 1

№ п/п	Территория отбора пробы	Координаты места заготовки	Тип почвы	Эколо- функциональ- ная зона	Экологическая характеристика объекта
Урбоценозы					
11.	ОАО «Воронеж- синтезкаучук»	51.623639, 39.245864	Аллювия- льные луговые оглеенные суглинистые		Предприятие расположено в Левобережном районе г. Воронежа. В его продукцию входит более 35 видов каучука, что составляет около 20 % российского рынка. Наибольшее количество выбросов данного предприятия оседает на расстоянии 400–600 м от него; эта зона была выбрана для отбора образцов
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	51.63055, 39.227738	Аллювия- льные луговые оглеенные суглинистые		Предприятие, снабжающее теплоэнергией Левобережный, часть Ленинского и Железнодорожного районов г. Воронежа, более 1000 предприятий. Более 70 лет в качестве топлива применяли каменный уголь. Содержание негорючих примесей к каменному углю варьирует до 26–37 %. Угольная зола, попадающая в выбросы, также содержит высокие концентрации токсичных элементов (Hg, Ni и др.). Выбросы ТЭЦ оседают большей частью на расстоянии от 500 до 800 м, поэтому данная зона была выбрана для отбора образцов.
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	51.670659, 39.256599	Аллювия- льные луговые оглеенные суглинистые	Селитебная	Протяженная (длиной 6,8 км) улица, расположенная в самом неблагоприятном по суммарному объему промышленных выбросов Левобережном районе. Приоритетным загрязнителем атмосферы города является автотранспорт, на который приходится более 70 % от валового выброса загрязняющих веществ.
Контроль					
14.	Воронежский биосферный заповедник	51.874765, 39.651187	дерновые лесные	ООПТ	Расположен на границе Воронежской (Верхнекавский район) и Липецкой (Усманский район) областей. Хозяйственная деятельность исключена.

Определение содержания в почвах валовых и подвижных форм элементов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД в соответствии с «МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства». Экстракцию подвижных форм определяемых элементов проводили с использованием ацетат-аммонийного

буферного раствора ( $\text{pH} \approx 4,8$ ). Исследования проводили с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения рассчитывали при доверительной вероятности 95 %.

Определение остаточных хлорорганических пестицидов в пробах почвы проводили после экстракции их н-гексаном с последующей очисткой, упариванием и растворением остатка в ацетоне. Концентрацию пестицидов определяли методом внешнего стандарта на газовом хроматографе «Цвет 500М».

### Результаты и их обсуждение

Средние концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах урбоценозов города Воронежа приведены в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2  
 Table 2

Средние значения концентрации валовых форм токсичных элементов  
 в почвах урбоценозов города Воронежа, мг/кг

Average values of concentration of total forms of toxic elements in Voronezh urbogenic soils, mg/kg

№ п/п	Территория отбора пробы	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Урбоценозы										
1.	Автомагистраль М-4 «Дон» (0 м)	26,6	0,08	0,7	1,9	37,3	25,3	15,0	59,1	94,1
2.	Автомагистраль М-4 «Дон» (100 м)	12,6	0,07	0,6	1,7	26,9	32,1	13,2	30,6	87,4
3.	Автомагистраль М-4 «Дон» (200 м)	10,1	0,03	0,2	1,2	11,2	18,4	8,1	19,5	46,3
4.	Автомагистраль М-4 «Дон» (300 м)	8,0	0,02	0,2	1,1	8,2	19,4	5,1	19,5	30,4
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	33,8	0,11	0,2	1,6	15,6	24,6	6,3	28,1	25,9
6.	Железнодорожные пути (0 м)	20,2	0,24	0,3	0,9	28,0	18,3	12,8	65,4	90,8
7.	Железнодорожные пути (100 м)	6,2	0,06	0,2	0,8	15,7	14,2	9,7	58,1	83,8
8.	Железнодорожные пути (200 м)	3,9	0,09	0,5	0,4	10,2	10,6	4,1	42,9	74,4
9.	Железнодорожные пути (300 м)	3,0	0,02	0,4	0,1	6,3	9,4	2,2	31,4	64,8
10.	Низовые Воронежского водохранилища (Химзатон)	11,9	0,13	0,2	1,5	8,5	18,1	7,3	7,9	37,1
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	17,4	0,14	0,1	1,6	4,2	43,5	11,3	28,7	132,1
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	7,4	0,16	0,1	3,8	5,4	36,7	12,1	37,9	94,3
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	15,8	0,15	0,2	1,7	6,2	35,5	21,8	38,3	123,3
Контроль										
14.	Воронежский биосферный заповедник	4,1	0,04	0,1	0,9	2,2	3,9	3,0	3,3	11,5
Ориентировочно допустимый уровень (суглинистые и глинистые почвы) [СанПин 1.2.3685-21, 2021]		65,0	2,1	1,0	5,0	40,0	—	—	66,0	110,0
Мировой кларк почв по Малюга Д.П. (1963)		10,0	0,03	0,5	5,0	40,0	200, 0	10,0	20,0	50,0
Кларк селитебных почв по Алексеенко В.А. (2014)		54,5	0,88	0,9	15, 9	33,0	80,0	14,1	39,0	158,0

Валовая концентрация свинца в изучаемых образцах почв урбоценозов варьировала 3,0–33,8 мг/кг, не превышая допустимых норм. В контрольном образце валовое содержание элемента составило 4,1 мг/кг. Наиболее высокие валовые концентрации свинца были отмечены в образцах почв, отобранных вблизи аэропорта и вдоль автотрассы М-4.

Таблица 3  
Table 3

Средние значения концентрации подвижных форм токсичных элементов

в почвах урбоценозов города Воронежа, мг/кг

Average values of concentration of labile forms of toxic elements  
in Voronezh urbogenic soils, mg/kg

№ п/п	Территория отбора пробы	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Урбоценозы										
1.	Автомагистраль М-4 «Дон» (0 м)	<b>7,2</b>	0,03	0,12	0,15	<b>6,3</b>	<b>6,6</b>	3,6	<b>17,1</b>	<b>26,5</b>
2.	Автомагистраль М-4 «Дон» (100 м)	3,7	0,01	0,12	0,07	3,2	4,1	2,4	<b>3,2</b>	19,2
3.	Автомагистраль М-4 «Дон» (200 м)	2,8	0,01	0,04	0,05	1,5	3,5	1,5	2,3	13,9
4.	Автомагистраль М-4 «Дон» (300 м)	1,9	0,01	0,04	0,03	1,2	4,1	0,8	1,5	8,2
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	<b>10,8</b>	0,03	0,05	0,12	2,2	5,9	1,2	<b>5,9</b>	5,5
6.	Железнодорожные пути (0 м)	<b>7,1</b>	0,06	0,07	0,06	<b>4,2</b>	3,9	2,9	<b>13,0</b>	<b>26,4</b>
7.	Железнодорожные пути (100 м)	2,0	0,01	0,05	0,04	2,5	2,0	1,5	<b>5,0</b>	18,5
8.	Железнодорожные пути (200 м)	1,0	0,01	0,09	0,03	1,2	1,8	0,5	2,2	14,9
9.	Железнодорожные пути (300 м)	0,8	0,01	0,07	0,01	0,8	1,2	0,4	1,1	14,9
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	2,5	0,02	0,03	0,12	1,1	3,4	1,8	2,7	11,9
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	4,1	0,02	0,02	0,13	0,5	<b>9,1</b>	2,6	<b>6,3</b>	<b>38,3</b>
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	2,4	0,03	0,02	0,37	0,5	<b>6,9</b>	2,4	<b>9,1</b>	19,8
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	<b>6,9</b>	0,06	0,04	0,17	1,0	<b>9,6</b>	<b>5,5</b>	<b>10,4</b>	<b>35,8</b>
Контроль										
14.	Воронежский биосферный заповедник	1,0	0,01	0,01	0,07	0,3	0,6	0,6	0,9	3,4
	ПДК [СанПин 1.2.3685-21, 2021]	6,0	–	–	–	4,0	6,0	5,0	3,0	23,0

Концентрация подвижных форм свинца варьировала 0,8–10,8 мг/кг, с превышением предельно допустимых норм (6 мг/кг) вблизи аэропорта, а также на улице города, вдоль трассы М-4, железной дороги, что можно объяснить хроническим загрязнением почв выбросами транспорта [Плахов и др., 2023]. В отношении ртути все изучаемые образцы почв соответствовали установленным нормативам. Валовое содержание данного элемента не превышало 50 % от допустимых концентраций. Концентрация подвижных форм ртути не превышала 0,06 мг/кг. Наиболее высокое содержание ртути отмечено в почвах вдоль железнодорожных путей, вблизи ТЭЦ, на улице города, что может объясняться хроническим загрязнением промышленными и транспортными выбросами [Полетаев, Севрюков, 2024].

В образце контрольной зоны валовое содержание кадмия составило 0,02 мг/кг, в почвах урбоценозов – 0,09–0,68 мг/кг. Концентрация подвижных форм элемента варьировала 0,01–0,12 мг/кг. Наиболее высокое содержание кадмия отмечено в почвах, отобранных на удалении 0–100 м от трассы М-4.

Валовое содержание мышьяка в почве контрольной зоны составило 0,9 мг/кг, в почвах урбоценозов – 0,1–3,8 мг/кг, достигая значений, превышающих установленные нормативы, в образцах, отобранных вблизи ТЭЦ, которая более 70 лет работала на каменном угле, естественной примесью к которому является мышьяк [Дьякова, 2022]. Концентрация подвижных форм мышьяка варьировала до 0,37 мг/кг, наибольшие значения отмечены вблизи ТЭЦ, химического предприятия, на улице города и вдоль трассы М-4, что связано с относительно высоким валовым содержанием элемента [Дьякова и др., 2024].

Валовая концентрация никеля соответствовала нормативным требованиям: в почвах урбанизированных территорий варьировала 4,2–37,3 мг/кг, в образце контрольной зоны составила 2,2 мг/кг. Наиболее высокая валовая концентрация никеля, близкая к ориентировочно допустимому уровню, отмечена вдоль автотрассы М-4, а также на удалении 100 м от автотрассы и вдоль железнодорожных путей. Содержание подвижных форм металла достигало 6,3 мг/кг, с превышением допустимых норм в образцах, отобранных вдоль трассы М-4 и железной дороги, что связано с высокой концентрацией в них валовых форм элемента и особенностями почв, бедных гумусовыми кислотами, связывающими металлы в прочные комплексы [Дьякова и др., 2024; Полетаев, Севрюков, 2024]. Валовое содержание хрома в почвах урбоценозов варьировало 9,4–43,5 мг/кг. Более низкий уровень концентраций хрома в почве выявлен для образца контрольной территории (3,9 мг/кг). Превышение допустимых норм подвижного хрома (6 мг/кг), содержание которого варьировало 0,6–9,6 мг/кг, отмечено в образцах, заготовленных на улице города, вблизи ТЭЦ, промышленного предприятия, вдоль трассы М-4.

Валовое содержание кобальта в почвах урбоценозов составило 2,2–21,8 мг/кг, в почве контрольной зоны – 3,0 мг/кг. Концентрация подвижных форм элемента варьировала 0,42–5,45 мг/кг. Наиболее высокая валовая концентрация элемента и превышение предельно допустимой концентрации подвижного кобальта отмечена в почве улицы г. Воронежа.

Валовая концентрация меди в почвах урбоценозов варьировала 7,9–65,4 мг/кг. В образце контрольной зоны содержание элемента составило 3,3 мг/кг. Наиболее высокие валовые концентрации меди, приближающиеся по числовому значению к ориентировочно допустимому уровню для суглинистых и глинистых почв, выявлены в образцах, отобранных вдоль трассы М-4 «Дон», вдоль и на удалении 100 м от железной дороги. Концентрация подвижных форм меди в почвах варьировала 0,9–17,1 мг/кг. Превышение допустимых норм подвижных форм металла выявлено в 8 образцах почв (вблизи аэропорта, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ, на улице города, на удалении 0–100 м от железной дороги и трассы М-4), что связано с высокими валовыми концентрациями элемента данных территорий, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв [Плахов и др., 2023].

Валовая концентрация цинка в образце контрольной территории составила 11,5 мг/кг, в почвах урбоценозов – 25,9–132,1 мг/кг, превышая ориентировочно допустимый уровень для суглинистых и глинистых почв в образцах, заготовленных вблизи промышленного предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук» и на улице г. Воронежа. Концентрация подвижных форм цинка в почвах варьировала 3,4–38,3 мг/кг с превышением допустимых его норм вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», на улице города, вдоль трассы М-4 и железной дороги. На этих же территориях отмечены более высокие валовые концентрации цинка (более 80 мг/кг), что, вероятно, связано с недостаточной очисткой выбросов производственного предприятия (цинк используется для вулканизации каучуков), а также с истиранием оцинкованных деталей транспорта, шин и применением в машинных маслах цинкодержащих присадок [Плахов и др., 2023; Дьякова и др., 2024].

Применение для интерпретации полученных результатов предельно и ориентировочно допустимых концентраций вызывает ряд затруднений в связи с их широким варьированием в зависимости от типа почв, страны установления и т. д. Более точной эколого-

геохимической характеристикой почв являются кларки, так как отражают содержание элементов при одновременном влиянии естественных и техногенных процессов, происходящих в период установления кларков. С течением времени числовые значения кларков изменяются, однако их представляется возможным использовать в качестве точек отсчета для формирования выводов о загрязнении почв.

Для анализа экспериментальных результатов сравнивали валовые концентрации элементов в почвах урбоценозов с кларками по Д.П. Малюга [1963] и по В.А. Алексеенко [Алексеенко В.А., Алексеенко А.В., 2014] (см. табл. 2). При сопоставлении валовых концентраций токсичных элементов в почвах урбоценозов города Воронежа с мировыми кларками их по Д.П. Малюга [1963], в 13 из 14 образцов почв содержание различных металлов превышало среднемировые концентрации. По свинцу отмечено превышение кларков в 8 из 14 образцов, по ртути – в 11, по меди – в 10, по цинку – в 9, по кобальту – в 6, по кадмию – в 2 (преимущественно в почвах вблизи производственных предприятий и транспортных магистралей). Концентрации хрома, никеля, мышьяка в изучаемых почвах урбоценозов города Воронежа не превышали мировых кларков по Д.П. Малюга [1963].

При сравнении полученных результатов с кларками селитебных почв по В.А. Алексеенко [Алексеенко В.А., Алексеенко А.В., 2014] превышение их было выявлено лишь в 5 образцах, и отмечено для 3 элементов – кобальт, никель, медь. Содержание никеля превышало данные кларки в 1 образце (вдоль автотрассы), кобальта – в 2 (на улице города и вдоль автотрассы), меди – в 4 (вдоль автотрассы и на удалении 0–200 м от железной дороги).

Анализ почв урбоценозов города Воронежа (табл. 4) показал практическое отсутствие остаточных хлорорганических пестицидов: содержание ГХЦГ составило менее 0,001 мг/кг, а ДДТ – менее 0,007 мг/кг, что соответствует нижнему пределу чувствительности хроматографа. Подтверждено отсутствие гептахлора и алдрина в почвенных образцах.

Таблица 4  
Table 4

Содержание остаточных пестицидов в почвах урбоценозов Воронежской области, мг/кг  
Content of residual pesticides in soils of urbocenoses of the Voronezh region, mg/kg

№ п/ п	Территория отбора пробы	Пестицид			
		ГХЦГ и его изомеры (в сумме)	ДДТ и его метаболиты (в сумме)	Алдрин	Гепта- хлор
Урбоценозы					
1.	Автомагистраль М-4 «Дон» (0 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
2.	Автомагистраль М-4 «Дон» (100 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
3.	Автомагистраль М-4 «Дон» (200 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
4.	Автомагистраль М-4 «Дон» (300 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
6.	Железнодорожные пути (0 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
7.	Железнодорожные пути (100 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
8.	Железнодорожные пути (200 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
9.	Железнодорожные пути (300 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
Контроль					
14.	Воронежский биосферный заповедник	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
	ПДК	0,1	0,1	–	0,05

## Заключение

Проведена эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее токсичных тяжелых металлов и пестицидов. Изучено содержание в почвах урбоценозов и заповедных зон города Воронежа области валовых и подвижных форм свинца, мышьяка, ртути, кадмия, хрома, кобальта, никеля, меди и цинка, а также содержание основных хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ, гептахлора и алдрина). Выявлено, что важнейшее влияние на состояние почв урбоценозов города Воронежа оказывает авто- и железнодорожный транспорт, предприятия энергетики (ТЭЦ), а также ряд производственных предприятий. Лимитирующим показателем качества почв урбоценозов региона явилось содержание в них подвижных форм меди – превышение предельно допустимых норм по данному показателю выявлено в 57 % исследуемых образцов, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов промышленных предприятий и транспорта, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв, и, как следствие, малой способностью к прочной фиксации металлов. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение особенностей накопления токсичных элементов и пестицидов в различных растительных объектах, произрастающих на тех же учетных площадках, с целью анализа аккумуляции основных загрязняющих веществ в растительных организмах из почв, а также установление корреляционных взаимосвязей между накоплением экотоксикантов и биологически активных веществ растениями при произрастании в различных с экологической точки зрения условиях.

## Список источников

- Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2023 году». 2024. Воронеж, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 199 с. Электронный ресурс. URL: [https://36.rosspotrebnadzor.ru/download/dokl\\_seb\\_2023.pdf](https://36.rosspotrebnadzor.ru/download/dokl_seb_2023.pdf) (дата обращения: 20.01.2025).
- СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021. М., 988 с. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 08.12.2024).
- Строительные онлайн калькуляторы Stroydocs.com. Построение розы ветров для городов России, Воронежская область, город Воронеж, 2025. Электронный ресурс. URL: [https://stroydocs.com/info/e\\_veter](https://stroydocs.com/info/e_veter) (дата обращения: 08.04.2025).

## Список литературы

- Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. 2014. Химические элементы в городских почвах. М., Логос, 312 с.
- Дьякова Н.А. 2022. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж, Цифровая полиграфия, 264 с.
- Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Клепиков О.В., Виноградов П.М. 2024. Эколого-гигиеническая оценка верхних слоев почв антропогенно нарушенных территорий средней полосы России по содержанию подвижных форм тяжелых металлов. Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2(36): 19–26. <https://doi.org/10.25744/genb.2024.10.32.003>
- Епринцев С.А. 2022. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Черноземного региона. Региональные геосистемы, 46(3): 398–409. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409>
- Куролап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. 2010. Медико-экологический атлас Воронежской области. Воронеж, ГУП ВО «Воронежская областная типография – издательство им. Е.А. Болховитинова», 167 с.
- Лопатина Д.Н. 2024. Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска. Региональные геосистемы, 48(1): 106–117. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117>
- Малюга Д.П. 1963. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. Ленинград, АН СССР, 264 с.
- Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. 2024. Геоэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы, 48(3): 441–452. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>

- Плахов Г.А., Безуглова О.С., Тагивердиев С.С., Горбов С.Н. 2023. Взаимосвязь свинца, цинка и меди с органическим веществом и карбонатами в городских почвах (на примере Ростова-на-Дону). АгроЭкоИнфо, 4(58): 419. <https://doi.org/10.51419/202134419>
- Побилат А.Е., Волошин Е.И. 2021. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор). Микроэлементы в медицине, 22(3): 3–14. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14>
- Полетаев А.О., Севрюков И.С. 2024. Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнoprомышленных предприятий. Региональные геосистемы, 48(3): 453–465. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465>
- Allen R.W., Barn P. 2020. Individual and Household-Level Interventions to reduce air pollution exposures and Health Risks: a Review of the Recent Literature. Current Environmental Health Reports, 7(4): 424–440. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00296-z>
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012036>
- Hansen M.C., Potapov P.V., Pickens A.H., Tyukavina A., Hernandez-Serna A., Zalles V., Turubanova S., Kommareddy I., Stehman S.V., X-P Song. 2022. Global Land Use Extent and Dispersion within Natural Land Cover Using Landsat Data. Environmental Research Letters, 17(3): 034050. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac46ec>
- Kiae R., Pardakhti A., Zahed M.A. 2024. The Role of Health Risk Assessment Techniques in Controlling Air Pollution: a Mini Review. Health Nexus, 2(3): 60–70. <https://doi.org/10.61838/kman.hn.2.3.8>
- Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating Data-Based Strategies and Advanced Technologies with Efficient Air Pollution Management in Smart Cities. Sustainability, 13(13): 7168. <https://doi.org/10.3390/su13137168>
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. In: SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Bulgaria, 16–22 August 2021. Bulgaria, Albena, 3.1: 465–472. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s13.59>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. Environmental Pollution, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. Science of the Total Environment, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>

## References

- Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. 2014. Chemical Elements in Urban Soils. Moscow, Pabl. Logos, 312 p. (in Russian).
- D'yakova N.A. 2022. Ekologicheskaya otsenka syr'evykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti [Environmental Assessment of Raw Materials of Medicinal Plants of the Voronezh Region]. Voronezh, Pabl. Tsifrovaya poligrafiya. 264 p. (in Russian).
- D'yakova N.A., Eprintsev S.A., Klepikov O.V., Vinogradov P.M. 2024. Ecological and Hygienic Assessment of the Upper Soil Layers of Anthropologically Disturbed Territories of the Middle Strip of Russia by the Content of Mobile Forms of Heavy Metals. Grozny Natural Science Bulletin, 2(36): 19–26 (in Russian). <https://doi.org/10.25744/genb.2024.10.32.003>
- Yeprintsev S.A. 2022. Geoinformation and Analytical Assessment of Environmental Safety of the Cities of the Central Chernozem Region. Regional Geosystems, 46(3): 398–409 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409>
- Kurolap S.A., Mamchik N.P., Klepikov O.V. 2010. Mediko-ekologicheskiy atlas Voronezh-skoy oblasti [Medical and Ecological Atlas of the Voronezh Region]. Voronezh, Pabl. GUP VO «Voronezhskaya oblastnaya tipografiya – izdatel'stvo im. E.A. Bolkhovitina», 167 p.
- Lopatina D.N. 2024. Phytotoxicity of Irkutsk and Angarsk Urban Soils. Regional Geosystems, 48(1): 106–117 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117>
- Maljuga D.P. 1963. Biogeohimicheskij metod poiskov rudnyh mestorozhdenij [Biogeochemical Method of Ore Deposit Prospecting]. Leningrad, Pabl. AN SSSR, 264 p.
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E. 2024. Geoecological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators. Regional Geosystems, 48(3): 441–452 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>

- Plakhov G.A., Bezuglova O.S., Tagiverdiev S.S., Gorbov S.N. 2023. Interrelation of Lead, Zinc, and Copper with Organic Matter and Carbonates in Urban Soils (a Case Study of Rostov-On-Don). AgroEkoInfo, 4(58): 419 (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202134419>
- Pobilat A.E., Voloshin E.I. 2021. Mikrocells in Agricultural Plants (Review). Trace Elements in Medicine, 22(3): 3–14 (in Russian). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14>
- Poletaev A.O., Sevryukov I.S. 2024. Spatial Distribution of Heavy Metals and Arsenic in Soils Near Mining Enterprises. Regional Geosystems, 48(3): 453–465 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465>
- Allen R.W., Barn P. 2020. Individual and Household-Level Interventions to reduce air pollution exposures and Health Risks: a Review of the Resent Literature. Current Environmental Health Reports, 7(4): 424–440. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00296-z>
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012036>
- Hansen M.C., Potapov P.V., Pickens A.H., Tyukavina A., Hernandez-Serna A., Zalles V., Turubanova S., Kommareddy I., Stehman S.V., X-P Song. 2022. Global Land Use Extent and Dispersion within Natural Land Cover Using Landsat Data. Environmental Research Letters, 17(3): 034050. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac46ec>
- Kiaei R., Pardakhti A., Zahed M.A. 2024. The Role of Health Risk Assessment Techniques in Controlling Air Pollution: a Mini Review. Health Nexus, 2(3): 60–70. <https://doi.org/10.61838/kman.hn.2.3.8>
- Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating Data-Based Strategies and Advanced Technologies with Efficient Air Pollution Management in Smart Cities. Sustainability, 13(13): 7168. <https://doi.org/10.3390/su13137168>
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. In: SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Bulgaria, 16–22 August 2021. Bulgaria, Albena, 3.1: 465–472. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s13.59>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. Environmental Pollution, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. Science of the Total Environment, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>

Поступила в редакцию 07.03.2025;  
поступила после рецензирования 13.04.2025;  
принята к публикации 11.05.2025

Received March 07, 2025;  
Revised April 13, 2025;  
Accepted May 11, 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

**Дьякова Нина Алексеевна**, доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической технологии, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

**Епринцев Сергей Александрович**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

**Шекоян Сюзанна Вазгеновна**, кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Nina A. Dyakova**, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Technology, Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Sergey A. Yeprintsev**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Syuzanna V. Shekoyan**, Candidate of Technical Sciences, Researcher of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia