

Географический вестник
= *Geographical bulletin*

Выпуск 1/2026

Научный журнал

Основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год

Geographical Bulletin

Issue 1/2026

Scientific Journal

Founded in 2005. Published 4 times a year

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет» (ПГНИУ)

- 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки)
- 1.6.13. Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки)
- 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические науки)
- 1.6.18. Науки об атмосфере и климате (географические науки)
- 1.6.20. Геоинформатика, картография (географические науки)
- 1.6.21. Геоэкология (географические науки)

Издание включено в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Главный редактор

Зырянов Александр Иванович, д.г.н., профессор,
заведующий кафедрой туризма ПГНИУ

Адрес учредителя и издателя:

614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Адрес редакции:

614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15,
Географический факультет
Тел. (342) 239-66-01, 239-64-41
E-mail: geo_vestnik@psu.ru
Сайт: <http://press.psu.ru/index.php/geogr/index>

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свид. о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-66784 от 08.08.2016 г.

FOUNDER

Perm State University

Included in the list of peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission (VAK) of the Russian Federation, where major scientific results of doctor's and candidate's dissertations are to be published

Editor-in-Chief

Alexander I. Zyryanov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Tourism, Perm State University

Address of the founder and publisher:

15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068

Address of the editorial board:

15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068,
The Faculty of Geography
Tel. (342) 239-66-01, 239-64-41
E-mail: geo_vestnik@psu.ru
Web-site: <http://press.psu.ru/index.php/geogr/index>

The journal was registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor).
The mass media registration certificate
PI № FS77-66784 dd. August 08, 2016.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Зырянов Александр Иванович, д.г.н., проф., заведующий кафедрой туризма географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета (Пермь, Россия)

Анимита Евгений Георгиевич, д.г.н., проф., профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления Уральского государственного экономического университета (Екатеринбург, Россия)

Добролюбов Сергей Анатольевич, д.г.н., проф., академик РАН, декан географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

Дружинин Александр Георгиевич, д.г.н., проф. Южного федерального университета (Ростов-на-Дону, Россия)

Дьяконов Кирилл Николаевич, д.г.н., проф. кафедры физической географии и ландшафтоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

Ембуу Батчулуун, д.г.н., проф. кафедры географии Школы математики и естественных наук Монгольского национального университета образования (Улан-Батор, Монголия)

Коноплев Алексей Владимирович, д.б.н., проф., заместитель директора института радиоактивности окружающей среды Фукусимского университета (Фукусима, Япония)

Мазбаев Орденбек Блисбекович, д.г.н., проф., профессор кафедры туризма Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, независимый директор АО «Институт географии и водной безопасности» (Астана, Республика Казахстан)

Мухаббатов Холназар Мухаббатович, д.г.н., проф., профессор Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни (Душанбе, Таджикистан)

Нефёдова Татьяна Григорьевна, д.г.н., ведущий научный сотрудник отдела социально-экономической географии Института географии РАН (Москва, Россия)

Чалов Роман Сергеевич, д.г.н., проф. кафедры гидрологии суши Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

EDITORIAL COUNCIL

Alexander I. Zyryanov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Tourism of the Geographical Faculty of the Perm State University (PSU) (Perm, Russia)

Evgeny G. Animitsa, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Regional, Municipal Economics and Governance, Ural State University of Economics (Ekaterinburg, Russia)

Sergey A. Dobrolyubov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academician of the RAS, Dean of the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Alexander G. Druzhinin, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia)

Kirill N. Diakonov, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Studies of the Lomonosov Moscow State University, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Batchuluun Yembuu, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geography School of Mathematics and Natural Sciences Mongolian National University of Education (Ulaanbaatar, Mongolia)

Aleksei V. Konoplev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice Director of the Institute of Environmental Radioactivity of Fukushima University (Fukushima, Japan)

Ordenbek Blisbekovich Mazbayev, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Tourism of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, Independent Director of the JSC 'Institute of Geography and Water Security' (Astana, Republic of Kazakhstan)

Kholnazar M. Mukhabatov, Doctor of Geographical Sciences, Professor Tajik State Pedagogical University named after Sadridin Aini (Dushanbe, Republic of Tajikistan)

Tatyana G. Nefedova, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher of the Department of Socio-Economic Geography of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Roman S. Chalov, Doctor of Geographical Sciences, Professor, of the Department of Land Hydrology of the Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бармин Александр Николаевич, д.г.н., проф.,
декан геолого-географического факультета
Астраханского государственного университета
(Астрахань, Россия)

Бузмаков Сергей Алексеевич, д.г.н., проф.,
заведующий кафедрой биogeоценологии и охраны
природы ПГНИУ (Пермь, Россия)

Кадебская Ольга Ивановна, д.г.н., Кунгурская
лаборатория-стационар Горного института УрО
РАН Пермского федерального исследовательского
центра УрО РАН (Пермь, Россия)

Калинин Николай Александрович, д.г.н., проф.,
заведующий кафедрой метеорологии и охраны
атмосферы ПГНИУ (Пермь, Россия)

Лепихин Анатолий Павлович, д.г.н., проф.,
заведующий лаборатории проблем гидрологии
суши Горного института УрО РАН,
профессор кафедры картографии и геоинформатики
ПГНИУ (Пермь, Россия)

Назаров Николай Николаевич, д.г.н., проф.,
ведущий научный сотрудник Лаборатории
палеогеографии и геоморфологии Тихоокеанского
института географии Дальневосточного отделения
Российской академии наук (Владивосток, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, д.г.н., проф.
Казанского (Приволжского) федерального
университета (Казань, Россия)

Погорелов Анатолий Валерьевич, д.г.н., проф.,
заведующий кафедрой геоинформатики
Кубанского государственного университета
(Краснодар, Россия)

Пьянков Сергей Васильевич, д.г.н., проф.,
заведующий кафедрой картографии и
геоинформатики ПГНИУ (Пермь, Россия)

Чернов Алексей Владимирович, д.г.н., ведущий
научный сотрудник, доцент НИЛ эрозии почв и
русловых процессов Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова
(Москва, Россия)

Шихов Андрей Николаевич, д.г.н., профессор
кафедры картографии и геоинформатики ПГНИУ
(Пермь, Россия)

EDITORIAL BOARD

Alexander N. Barmin, Doctor of Geographical
Sciences, Professor, Dean of the Department of
Geology and Geography, Astrakhan State University
(Astrakhan, Russia)

Sergey A. Buzmakov, Doctor of Geographical
Sciences, Professor, Head of the Department of
Biogeocenology and Environmental Protection, PSU
(Perm, Russia)

Olga I. Kadebskaya, Doctor of Geographical
Sciences, Head of the Kungur laboratory, Mining
Insitute of Ural Branch of RAS (Perm, Russia)

Nikolay A. Kalinin, Doctor of Geographical Sciences,
Professor, Head of the Department of Meteorology and
Air Protection, PSU (Perm, Russia)

Anatoly P. Lepikhin, Doctor of Geographical
Sciences, Professor, Head of the Laboratory of
Terrestrial Hydrology Problems of the Mining Institute,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Professor of the Department of Cartography and
Geoinformatics of PSU (Perm, Russia)

Nikolay N. Nazarov, Doctor of Geographical Sciences,
Professor, Leading Researcher, Laboratory of
Paleogeography and Geomorphology, Pacific
Geographical Institute, Far-Eastern Branch, Russian
Academy of Sciences (Vladivostok, Russia)

Yuri P. Perevedencev, Doctor of Geographical
Sciences, Professor of Kazan (Volga Region) Federal
University (Kazan, Russia)

Anatoly V. Pogorelov, Doctor of Geographical
Sciences, Professor, Head of the Department of
Geoinformatics, Kuban State University
(Krasnodar, Russia)

Sergey V. Pjankov, Doctor of Geographical Sciences,
Professor, Head of the Department of Cartography and
Geoinformatics of PSU (Perm, Russia)

Alexey V. Chernov, Doctor of Geographical Sciences,
Leading researcher, Associate Professor of the NIL of
Soil Erosion and Riverbed Processes of the Lomonosov
Moscow State University (Moscow, Russia)

Andrey N. Shikhov, Doctor of Geographical Sciences,
Professor of the Department of Cartography and
Geoinformatics of PSU (Perm, Russia)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ	6	PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES, AND GEOMORPHOLOGY
Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А. Оценка факторов, влияющих на селевую активность, при помощи методов машинного обучения	6	Kyul E. V., Kazakova E. M., Gedueva M. M., Lyutikova L. A., Korchagina E. A. Assessment of factors affecting mudflow activity using machine learning methods
Гуров А. А., Осипов С. В., Ивакина Е. В. Изменение ландшафтов района Павловского угольного месторождения в Приморском крае	18	Gurov A. A., Osipov S. V., Ivakina E. V. Landscape changes in the Pavlovskoe coal deposit area in Primorsky Krai
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ	30	ECONOMIC, SOCIAL, AND POLITICAL GEOGRAPHY
Иванов И. А., Изотов Д. Д., Манаков А. Г. Динамика территориальной структуры этнического пространства Хорватии в постсоциалистический период	30	Ivanov I. A., Izotov D. D., Manakov A. G. Dynamics of the territorial structure of the ethnic space of Croatia in the post-socialist period
Захаров И. А., Захарова А. Е. Городское измерение религиозной конкуренции на примере Эфиопии	40	Zakharov I. A., Zakharova A. E. Urban dimension of religious competition in Ethiopia
Карабатов В. А., Меркушев С. А. Подходы к делимитации центральных зон в контексте управления пространственным развитием российских городов-миллионеров	51	Karabatov V. A., Merkushev S. A. Approaches to the delimitation of central zones in the context of the spatial development management in Russian million-plus cities
Жуков И. И. Демографическая устойчивость сельских населенных пунктов Курской области	63	Zhukov I. I. Demographic stability of rural settlements of the Kursk Region
ГИДРОЛОГИЯ	76	HYDROLOGY
Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н. Особенности формирования гидрохимического режима р. Камы (Камского водохранилища) в зимний период в районе Соликамско-Березниковского промузла	76	Lepikhin A. P., Bogomolov A. V., Oputin M. A., Sintsova T. N. Formation of the Kama River (Kama Reservoir) hydrochemical regime in winter in the area of Solikamsk-Berezniki industrial hub
Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В. Многолетнее изменение притока воды в Камское водохранилище	86	Mikova K. D., Mekhanoshina E. V., Romashova V. N., Kolegov M. V. Long-term changes in water inflow into the Kama Reservoir
Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Особенности динамики органического вещества в воде разнотипных водохранилищ различных географических зон (на примере Пензенского водохранилища на р. Суре и Ириклинского на р. Урал)	99	Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Organic matter dynamics in the water of reservoirs of different types in different geographical zones (Penza Reservoir on the Sura River vs. Iriklin'sky Reservoir on the Ural River)

МЕТЕОРОЛОГИЯ	109	METEOROLOGY
Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С. Аномалии циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи с климатическими колебаниями северного полушария	109	Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S. Anomalies of cyclonic activity in the Black Sea – Mediterranean region and the Northern Hemisphere teleconnection patterns
Федурин Е. Ю., Калинин Н. А. Температурно-ветровой режим в кучево-дождевых облаках по данным радиозондирования с высоким пространственно-временным разрешением	137	Fedurin Ye. Yu., Kalinin N. A. Analysis of temperature and wind speed in cumulonimbus clouds based on radiosonde data with high spatiotemporal resolution
ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	145	ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И. Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О. Дистанционная оценка площади залежных земель, зарастающих древесной растительностью на севере Башкирского Предуралья	145	Bogdan E. A., Sayfullin I. Yu., Vildanov I. R., Belan L. N., Tuktarova I. O. Remote assessment of the area of fallow lands overgrown with woody vegetation in the north Bashkir Cis-Urals
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ	160	RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM
Санжеев Э. Д. Методические подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании	160	Sanzheev E. D. Methodological approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management
Зырянов Г. А. Территориальная организация центров паломничества и религиозного туризма в Центральной России	172	Zyryanov G. A. Territorial organization of the centers of pilgrimage and religious tourism in Central Russia
КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА	184	CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS
Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н. Картографирование изменений климата Пермского края на основе данных наблюдений и реанализа	184	Pyankov S. V., Abdullin R. K., Tarasov A. V., Kusakin I. A., Storozhuk N. A., Shikhov A. N. Mapping climate change in the Perm Region based on observations and reanalysis data

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.3-00442

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-6-17

EDN: CEVRAS

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СЕЛЕВУЮ АКТИВНОСТЬ,
ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Елена Владимировна Кюль¹, Елена Мусовна Казакова², Марьяна Мартиновна Гедуева³,
Лариса Адольфовна Лютикова⁴, Елена Александровна Корчагина⁵

^{1, 3, 5} Центр географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, г. Нальчик, Россия

^{2, 4} Институт прикладной математики и автоматизации, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук, г. Нальчик, Россия

¹ elenakyul@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6031-4031, ResearcherID: J-8493-2018, Scopus Author ID: 57195590069, SPIN-код: 2331-4569, eLibrary Author ID: 363586

² shogenovae@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-5819-9396, SPIN-код: 4135-3315, eLibrary Author ID: 857078

³ m.gyaurgieva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8131-2908, ResearcherID: ABA-1188-2020, Scopus Author ID: 57322390400, SPIN-код: 7617-9550, eLibrary Author ID: 747412

⁴ lularisa@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4941-7854, SPIN-код: 1679-7460, eLibrary Author ID: 178150

⁵ helena.a.k@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9368-1666, ResearcherID: I-8783-2018, Scopus Author ID: 57215965042, SPIN-код: 6801-1029, eLibrary Author ID: 141504

Аннотация. Горная часть северного склона Большого Кавказа в последние годы активно осваивается, развиваются новые для данного региона ресурсозатратные отрасли хозяйства. Большое развитие получило рекреационно-туристическое направление. При этом важным аспектом в обеспечении безопасности для данного региона является изучение опасных природных процессов. Наиболее разрушительными являются лавины, оползни, сели, проявления которых часто имеют катастрофические последствия. В работе представлен анализ данных о характеристиках селевых потоков, проведенный с использованием методов машинного обучения. Цель научного исследования заключается в выявлении основных факторов, оказывающих влияние на формирование селевых потоков в горных районах Северного Кавказа, для которых отсутствуют данные полевых наблюдений о типе опасных явлений. В качестве исходных данных для построения модели классификации типов селей использованы материалы Кадастра селевой опасности юга европейской части России. Для классификации типов селей было проведено сравнительное исследование различных моделей машинного обучения, включая нейронные сети, SVM и логистическую регрессию. Результаты исследования продемонстрировали существенное превосходство модели, основанной на нейронной сети, по сравнению с другими алгоритмами.

На базе результатов, полученных для характеристик селевых бассейнов, отсутствующих в Кадастре, разработана карта-схема селевых бассейнов Республики Северная Осетия – Алания по типу селя. Составление карты-схемы осуществлялось при помощи геоинформационной системы Quantum GIS 3.22.2., представляющей собой пакет программного обеспечения, предназначенного для создания, визуализации и анализа пространственных данных. При создании интерактивной карты в работе применялась технология векторизации.

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования систем мониторинга и прогнозирования селевых процессов, а также для разработки более эффективных мер по предотвращению и смягчению их последствий.

Ключевые слова: сель, тип селя, анализ данных, нейронные сети, метод кластеризации, ассоциативные правила, ГИС-технологии

Для цитирования: Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А. Оценка факторов, влияющих на селевую активность, при помощи методов машинного обучения // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 6–17. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-6-17 EDN: CEVRAS



PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES, AND GEOMORPHOLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-6-17

EDN: CEVRAS

**ASSESSMENT OF FACTORS AFFECTING MUDFLOW ACTIVITY
USING MACHINE LEARNING METHODS****Elena V. Kyul¹, Elena M. Kazakova², Maryana M. Gedueva³, Larisa A. Lyutikova⁴, Elena A. Korchagina⁵**^{1,3,5} Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS, Nalchik, Russia^{2,4} Institute of Applied Mathematics and Automation, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS, Nalchik, Russia¹ elenakyul@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6031-4031, ResearcherID: J-8493-2018, Scopus Author ID: 57195590069, SPIN-code: 2331-4569, eLibrary Author ID: 363586² shogenovae@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-5819-9396, SPIN-code: 4135-3315, eLibrary Author ID: 857078³ m.gyaurgieva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8131-2908, ResearcherID: ABA-1188-2020, Scopus Author ID: 57322390400, SPIN-code: 7617-9550, eLibrary Author ID: 747412⁴ lularisa@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-4941-7854, SPIN-code: 1679-7460, eLibrary Author ID: 178150⁵ helena.a.k@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9368-1666, ResearcherID: I-8783-2018, Scopus Author ID: 57215965042, SPIN-code: 6801-1029, eLibrary Author ID: 141504

Abstract. The mountainous northern slope of the Greater Caucasus has been actively developed in recent years, with new resource-intensive industries emerging in the region. Recreational and tourism activities have also seen significant growth. In these circumstances, an important aspect of ensuring security in this region is the study of hazardous natural processes. The most destructive ones are avalanches, landslides, and mudflows, the effects of which often have catastrophic consequences. The paper presents an analysis of data on the characteristics of mudflows conducted with the use of machine learning methods. The study aims to identify the main factors affecting the formation of mudflows in the mountainous areas of the North Caucasus, for which there is no field observation data on the type of hazardous phenomena. The materials of the Mudflow Hazard Inventory for the south of the European Part of Russia were used as input data for the construction of the mudflow type classification model. Different machine learning models, including neural networks, SVM, and logistic regression, were compared in terms of the classification of mudflow types. The results of the study demonstrate a significant superiority of the neural network-based model over the other algorithms.

Based on the results obtained for the characteristics of the mudflow basins missing in the Inventory, a schematic map of mudflow basins in the Republic of North Ossetia–Alania, categorized by type of mudflow, was developed. It was compiled with the use of QGIS 3.22.2, which is a software package designed for the creation, visualization, and analysis of spatial data. Vectorization technology was used in the creation of the interactive map.

The results obtained can be applied to improve systems for monitoring and forecasting mudflow processes, as well as to develop more effective measures to prevent and mitigate their consequences.

Keywords: mudflow, mudflow type, data analysis, neural networks, clustering method, associative rules, GIS technologies

For citation: Kyul E. V., Kazakova E. M., Gedueva M. M., Lyutikova L. A., Korchagina E. A. Assessment of factors affecting mudflow activity using machine learning methods. *Geographical Bulletin*. 2026, no. 1(76), pp. 6–17. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-6-17 EDN: CEVRAS

Введение

Сели – опасное природное явление, которое причиняет значительный ущерб инфраструктуре, населенным пунктам и сельскому хозяйству. Изучение факторов, влияющих на формирование и характеристики селей, является актуальной задачей в контексте изменения климата и увеличения частоты экстремальных погодных явлений. При выборе горных участков для освоения часто не учитывается влияние селевых процессов на проектируемый объект, что порой бывает губительным не только для хозяйственного объекта, но и для человека.

Районом для проведения исследований стал северный склон Большого Кавказа. Исследования различных моделей машинного обучения и последующая классификация типов селей проводилась для территории Республики Северная Осетия – Алания (PCO – Алания) (рис. 1).

Цели данного исследования: выявление возможностей машинного моделирования в определении характеристик селевых бассейнов в горных районах Северного Кавказа, для которых отсутствуют данные о типе селевых потоков, а также решение задачи систематизации характеристик селевых явлений по типу селя с заполнением отсутствующих в Кадастре данных и составление на их основе карты-схемы селевых бассейнов на примере PCO – Алания.

Решение задачи выявления типа селя с учетом физико-географических особенностей селевых бассейнов можно решить методами машинного обучения. Методы машинного обучения как источник информации о характеристиках селевого бассейна позволяют с теоретической точки зрения объяснить количественные и качественные характеристики опасных природных процессов, решать прогностические задачи, восполнять недостающую информацию о характере того или иного процесса.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.



Рис. 1. Географическое положение изучаемой территории на космоснимке.
 Красной линией обведены границы исследуемой территории (PCO – Алания)

Fig. 1. Geographical location of the study area on a satellite image.

The boundaries of the study area (North Ossetia – Alania) are outlined in red.

Также проведение комплексного анализа данных по характеристикам селевых потоков методами машинного обучения может быть полезным, поскольку позволит лучше понять природу и механизмы формирования селей, выявить ключевые факторы, влияющие на характеристики селей, построить предсказательные модели для оценки рисков и последствий селевых явлений, сгруппировать их по схожим характеристикам для дальнейшего изучения [18]. Результаты такого исследования могут быть применены в инженерной практике, при планировании и управлении селеопасными территориями, а также в научных целях для углубления знаний о селевых процессах [20].

Материалы и методы

В данной работе представлены результаты исследований, направленные на изучение характеристик селевых потоков, в частности, типа селя, с использованием современных методов машинного обучения. Исследования проводились на основе анализа имеющихся научных публикаций, фондовых материалов, а также результатов полевых исследований, осуществляемых на территории северного склона Большого Кавказа сотрудниками Центра географических исследований КБНЦ РАН с учетом опасных природных процессов [7; 9; 16; 17].

Основными в работе явились методы машинного обучения и картографический метод.

Для построения различных моделей анализа характеристик селевых потоков в качестве основы также использовался Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России 2015 г. под редакцией Кондратьевой Н. В., который представляет собой систему сбора, обработки, хранения и анализа данных о селевых процессах на определенной территории [6]. В нашем случае это территория Северного Кавказа, а именно PCO – Алания.

Ключевыми элементами селевого кадастра являются генезис селя (категориальный), тип селя (категориальный), площадь бассейна, S км² (численный), средний уклон русла, α (численный), длина реки, L , км (численный), высота истока (численный), объем максимального единовременного выноса, W , м³ (численный), максимальный объем твердых отложений селя, W , м³ (численный). Рассматриваемые в работе модели машинного обучения будут анализировать данные по перечисленным характеристикам.

Для цифровой визуализации полученных данных в качестве одного из основных методов была применена геоинформационная система Quantum GIS 3.22.2., представляющая собой пакет программного обеспечения, предназначенный для создания, визуализации, поиска и анализа пространственных данных [10]. Возможность применения ГИС-технологий для решения той или иной задачи определяется объемом и доступностью пространственных данных, а также необходимым набором операций, используемых для их обработки. В процессе создания интерактивной карты в работе использовалась технология векторизации – компьютерный ввод базы данных, которая применяется при составлении карт в гидрологии и других областях науки [11; 15].

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

Результаты

Характеристика селевой деятельности в Республике Северная Осетия – Алания. Проявление селевой деятельности в горах Северного Кавказа обусловлено следующими основными факторами: наличием в приледниковой зоне огромных массивов рыхлообломочного моренного материала, крутых склонов, способствующих поверхностному стоку и чрезмерному увлажнению моренного материала в очагах зарождения селей [8; 13]. Главной причиной формирования селей являются ливневые дожди, зачастую играющие роль толчка или спускового импульса для возникновения селя в предварительно хорошо увлажненных тальми водами или длительными морозящими осадками рыхлообломочных массивах [13]. По соотношению жидкой и твердой составляющих селя в РСО – Алания преобладают несвязные водокаменные и грязекаменные сели. В пределах Бокового хребта и в западной (Дигорской) части Главного Кавказского хребта они состоят преимущественно из крупных и мелких валунов различных кристаллических пород, включенных в песчано-гравийный заполнитель. В районах же более низких хребтов – Скалистого и восточной части Главного Кавказского – распространены в основном грязекаменные сели, состоящие из крупного и мелкого щебня в суглинистом заполнителе [1; 6]. Очагами зарождения водокаменных селей являются свежие слабозадренованные морены и флювиогляциальные отложения, расположенные в глубоких креслообразных впадинах – карах – высоко под гребнем хребтов на абсолютных высотах 2500–3000 м. Сели этого типа – самые разрушительные и нередко носят катастрофический характер. Грязекаменные сели зарождаются на более низких гипсометрических уровнях в осыпях, курумах, на оползнях и значительно уступают водокаменным по размерам выноса и разрушительному действию [2].

В настоящее время в результате бурного освоения горной части территории РСО – Алания в хозяйственное пользование вовлекаются регионы, где широко распространены сели как ведущий тип опасных природных процессов (ОПП). При этом наблюдается перестройка хозяйственного комплекса с ресурсосберегающего (традиционное землепользование) на ресурсозатратный (гидроэнергетика, рекреационная деятельность и др.) [2; 17]. Поэтому в последние годы к природным факторам формирования селей добавились и антропогенные. В первую очередь, это вырубка лесов на горных склонах, деградация растительно-почвенного покрова из-за перевыпаса скота, образование отвалов отработанной породы и хвостохранилищ горнодобывающими предприятиями (бассейн р. Ардон, Садонское месторождение), подрезка склонов линейными хозяйственными объектами (автодорогами, ЛЭП, газопроводами и др.). Это влечет за собой активизацию ОПП, что, в свою очередь, может привести к деградации природной среды, уменьшению пригодных для хозяйственного освоения земель и увеличению финансовых затрат на мероприятия по борьбе с ОПП.

В горной части РСО – Алания, как приводится в Кадастре селевой опасности Юга Европейской части России [6], к настоящему времени выявлено 145 селевых бассейнов. Общая площадь пораженности селями приблизительно равна 2165 км², что составляет 25 % от всей площади республики.

Этапы проведения исследования типов селей при помощи методов машинной обработки

1 этап. Описательный анализ

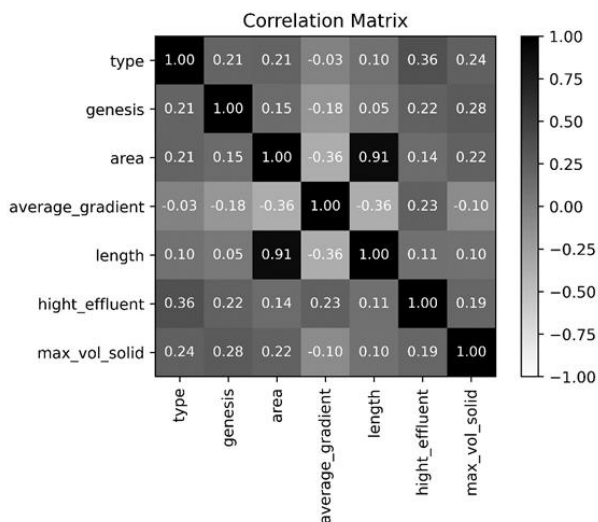


Рис. 2. Корреляционная матрица. Расшифровка факторов присутствует в тексте ниже

Fig. 2. Correlation matrix. The explanation of the factors is given in the text below

Коэффициенты корреляции между переменными в данной матрице варьируют от (-0,36, 0,91). Более сильная положительная корреляция наблюдается между площадью бассейна (area) и длиной реки (length) – 0,91, наиболее сильно с типом селя (type) коррелируют высота истока (hight_effluent) – 0,36 и максимальный объем твердых отложений селя (max_vol_solid) – 0,24.

Одним из первых подходов в анализе данных является описательный анализ, который позволяет изучить распределение числовых переменных, таких как средние, медианы, стандартные отклонения, и проанализировать взаимосвязи между переменными методами корреляционного анализа [12]. В результате для числовых характеристик были получены средние значения, стандартные отклонения, минимальные и максимальные значения, квартили. Все это дало общее представление о характеристиках данных и возможность для предварительного анализа распределений переменных и выявления потенциальных выбросов или аномалий в данных.

Для анализа взаимосвязи между различными переменными в наборе данных была построена корреляционная матрица. Она представляет собой квадратную таблицу, в которой на пересечении строк и столбцов находятся коэффициенты корреляции между соответствующими парами переменных в диапазоне (-1, 1). На рисунке 2 представлена матрица корреляции. Градация серого цвета указывает, насколько тесно коррелируют соответствующие признаки.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

2 этап. Построение модели для определения типа селей

Классификация типов селей – очень важный этап в изучении и управлении селевыми процессами. Она позволяет понять механизмы образования селей, оценить опасность и риск, улучшить моделирование и прогнозирование. Традиционные методы классификации селей основаны на геологических и гидрологических данных. Эти методы включают анализ склонов, характеристик почвы и погодных условий. С развитием технологий машинного обучения такие методы, как Random Forest, SVM и нейронные сети, становятся все более популярными для анализа и классификации сложных природных явлений.

Для обучения моделей были использованы геологические данные и записи о селях из Кадастра 2015 г., а также данные полевых исследований [3; 4; 5; 7; 14; 17; 16; 19].

Для классификации типов селей были выбраны следующие алгоритмы машинного обучения: нейронные сети, SVM, логистическая регрессия.

3 этап. Тренировка моделей

Для обучения моделей набор данных был разделен на обучающий (309) и тестовый (78) наборы. При разделении была произведена стратифицированная выборка, чтобы создать наборы, которые содержат репрезентативную пропорцию каждого класса.

Для оценки производительности моделей использованы метрики ассурасу (правильность), recall (полнота), precision (точность) и F1-мера.

Ассурасу – доля всех правильных предсказаний модели. Она показывает, насколько модель в целом точна.

Recall – доля истинных положительных результатов, которые модель правильно предсказала. Она показывает, насколько хорошо модель распознает все положительные примеры.

Precision – доля положительных результатов, которые действительно являются положительными. Она показывает, насколько предсказанные положительные результаты соответствуют действительности.

F1-мера – среднее гармоническое между полнотой и точностью. Она показывает баланс между этими двумя метриками.

Архитектура искусственной нейронной сети (ИНС) имеет вид 6–10–3 (6 входных нейронов, 10 нейронов на скрытом слое, 3 нейрона на выходном слое). Использованы функция активации ReLU, метод оптимизации AdamW, оптимальная скорость обучения (learning_rate), при которой выдается наиболее точный результат – 0,02. Вычислительные эксперименты реализованы на языке программирования Python 3.12.

На рисунках 3а и 3б изображены графики обучения ИНС.

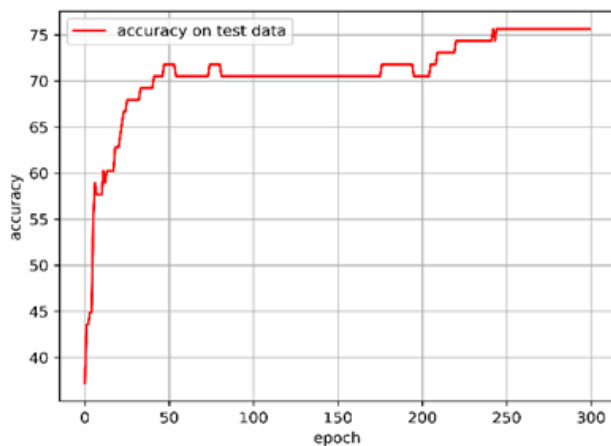


Рис. 3. а) График ассурасу на тестовом наборе данных
 Fig. 3. а) Graph of accuracy on the test dataset

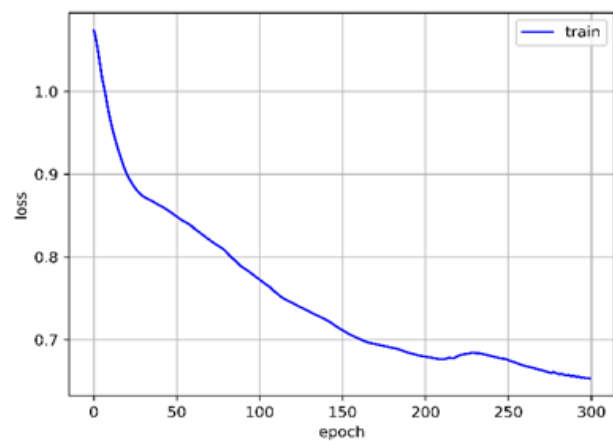


Рис. 3. б) график функции потерь (loss) на обучающем наборе данных
 Fig. 3. б) Graph of the loss function on the training dataset

Как видно из рисунка 3а, график ассурасу на тестовом наборе данных возрастает с ростом эпох. На 250 эпохе достигает наилучшего результата (75,6 %) и дальше не улучшается. Чтобы посмотреть дальнейшую динамику поведения графика ассурасу, обучение нейросети было повышено до 300 эпох.

На рисунке 3б изображен график функции потерь (loss) на обучающем наборе данных (train). На данном графике видно, что функция потерь уменьшается в течение первых 200 эпох, что говорит о хорошей обучаемости модели. После 200 эпохи график начинает возрастать, что является возможным признаком переобучения, но ввиду того, что добавлена l2-регуляризация нейросети, на 250 эпохе график продолжает убывать, т.е. нет переобучения.

Результаты классификации показали, что ИНС достигла наибольшей точности на тестовых данных (76 %), в то время как алгоритм SVM показал точность 59 % (табл. 1).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

Как видно из таблицы, нейросеть показывает recall 0,74, т.е. модель правильно распознает 74 % всех положительных случаев. Это значит, что 26 % положительных случаев модель пропускает; precision 0,76 – из всех предсказанных положительных случаев 76 % истинно-положительные. Это значит, что 24 % предсказаний ложно-положительны; accuracy 0,76 – 76 % всех предсказаний модели верны; F1-score: 0,74 – показывает баланс между полнотой и точностью, для данной модели значение достаточно хорошее, т.к. близко к 1.

Таблица 1

Table 1

Оценка точности моделей
 Model accuracy estimation

Модель	Recall	Precision	Accuracy	F1-мера
Искусственная нейронная сеть	0,74	0,76	0,76	0,74
Логистическая регрессия	0,66	0,68	0,6	0,66
SVM	0,55	0,59	0,56	0,59

Как видно из таблицы, нейросеть показывает recall 0,74, т.е. модель правильно распознает 74 % всех положительных случаев. Это значит, что 26 % положительных случаев модель пропускает; precision 0,76 – из всех предсказанных положительных случаев 76 % истинно-положительные. Следовательно, 24 % предсказаний ложно-положительны; accuracy 0,76 – 76 % всех предсказаний модели верны; F1-score: 0,74 – показывает баланс между полнотой и точностью, для данной модели значение достаточно хорошее, т.к. близко к 1.

Для логистической регрессии точность модели (accuracy) составила 0,66. Это означает, что модель правильно предсказала 66 % типов селей в тестовой выборке (табл. 1). Точность модели не очень высока. Это может быть связано с недостатком данных, сложностью задачи или недостаточно хорошим подбором гиперпараметров модели. Вообще логистическая регрессия – это линейная модель, и она может не очень хорошо справляться с задачами, где зависимость между признаками и классом не линейная, как в данном случае.

ИНС имеет более высокие значения во всех метриках по сравнению с SVM. Это указывает на то, что нейросеть лучше справляется с задачей, чем метод опорных векторов, в данном случае. Recall и F1-мера особенно важны, если пропуск положительных случаев критичен. У ИНС эти значения выше, что означает лучшее распознавание положительных случаев. Precision важна в случае, когда ложные-положительные результаты нежелательны. У ИНС тоже лучшее значение. Accuracy также выше у ИНС, что означает более общую точность модели.

Кроме того, на рисунках 4 и 5 представлены матрицы ошибок (matrix confusion).

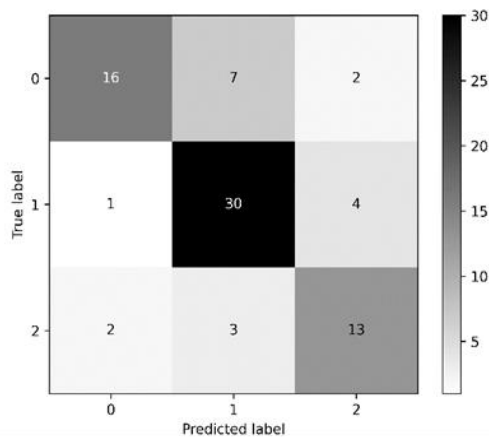


Рис. 4. Матрица ошибок по результатам обучения ИНС на тестовом наборе

Fig. 4. Error matrix from the results of ANN training on the test set

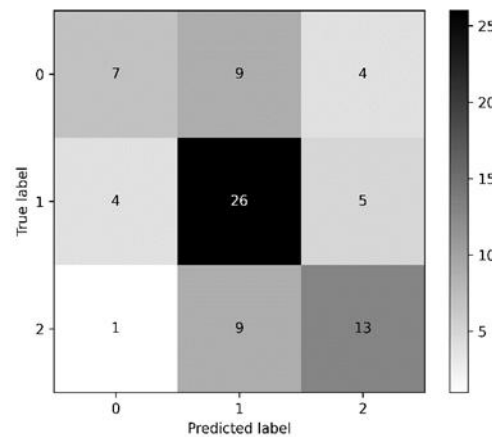


Рис. 5. Матрица ошибок по результатам обучения SVM на тестовом наборе

Fig. 5. Error matrix from the results of SVM training on the test set

Данные матрицы показывают, как хорошо работают классификаторы. На рисунке 4 представлена работа нейросети на пятом SVM. Как видно из рисунков, модели лучше всего предсказывают класс 1, так как изначально в наборе преобладал по количеству этот класс. Наилучших результатов можно было достигнуть, если набор данных был сбалансированным.

На рисунке 6 представлен фрагмент таблицы с результатом работы ИНС по заполнению пустых ячеек по типу селей в Кадастре.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

В первом столбце указано название местности, к которой относится тип селя. Данные в столбцах genesis, area, average_gradient, length, hight_effluent, max_vol_solid были использованы как признаки типов селя при обучении ИНС. Категориальные значения столбца genesis при обработке данных были переведены в числовые. В столбце type указаны прогнозы ИНС, где 0 – это тип селя водокаменный (VK); 1 – грязекаменный тип (GK); 2 – комбинация двух типов (GK, VK).

1	adress	genesis	area	average_gradient	length	hight_effluent	max_vol_solid	type
2	2_01urukh	D	3	394	2	1908	69384	1 (GK)
3	3_14mamikhdon	D	0	150	1	2200	7274	1 (GK)
4	3_17mamikhdon	D	1	435	2	2400	21580	1 (GK)
5	3_18mamikhdon	D	4	166	6	2760	21786	1 (GK)
6	3_19mamikhdon	D	4	217	4	2640	16828	1 (GK)
7	3_20mamikhdon	D	3	109	6	2750	21311	1 (GK)
8	3_21mamikhdon	D	4	400	8	3680	32504	1 (GK)
9	3_24mamikhdon	L;L-D	26	101	9	2960	256750	2 (GK;VK)
10	3_25mamikhdon	L-D;D	65	15	29	2720	852033	2 (GK;VK)
11	3_a25amerodon	L-D;D	21	20	19	3100	280500	2 (GK;VK)
12	3_b25istock	L-D;D	30	40	11	3100	171700	2 (GK;VK)
13	3_26mamikhdon	D	1	367	2	2600	18043	1 (GK)
14	3_27mamikhdon	D	0	350	1	2500	15474	1 (GK)
15	3_28mamikhdon	D	0	430	1	2500	18754	1 (GK)
16	3_29mamikhdon	L;L-D;D	11	61	6	3100	57433	2 (GK;VK)
17	3_30mamikhdon	D	1	333	2	2500	17024	1 (GK)
18	3_31mamikhdon	D	1	425	2	2600	21919	1 (GK)
19	3_32mamikhdon	D	1	596	3	2550	28930	1 (GK)
20	3_41ardon	D	6	179	6	3000	30933	1 (GK)
21	3_44zackckadon	D	18	89	13	3400	69561	1 (GK)
22	3_45zackckadon	D	5	347	3	2800	32952	1 (GK)
23	4_01tarardon	D	7	140	5	1400	39296	0 (VK)
24	4_05fiardon	D	8	233	3	2058	48228	1 (GK)

Рис. 6. Прогнозы модели (столбец type) для пустых ячеек в Кадастре
 Fig. 6. Model predictions (type column) for empty cells in the Inventory

На рисунке 7 представлен фрагмент таблицы с реальным типом селя и прогнозом модели из тестового набора данных.

1	test	prediction
2	2	2
3	0	0
4	1	1
5	1	1
6	0	1
7	2	2
8	1	1
9	1	1
10	2	1
11	2	1
12	0	1

Рис. 7. Объекты с реальным типом (столбец test) и прогнозом модели (столбец prediction)
 Fig. 7. Objects with real type (test column) and model prediction (prediction column)

Обсуждение

Картографическое отображение результатов машинной обработки селевых данных. На основе полученных при помощи работы нейросети данных была составлена карта-схема селевых бассейнов РСО – Аляния по типам селей (рис. 8). На рисунке 8 представлены все имеющиеся на территории РСО – Аляния селевые бассейны с делением их по типам селей (за основу взяты данные Кадастра 2015 г. и полевых исследований территории РСО – Аляния). Селевые бассейны, в которых были известны случаи селепроявлений с тем или иным типом, отмечены на карте фиолетовым цветом. Те бассейны, в которых тип селя установлен методом машинной обработки, на карте отмечены синим цветом.

На рисунке 8 видно, что для территории РСО – Аляния типы селей были определены не в полном объеме. При помощи методов машинной обработки были получены данные по типам селей для 22 селевых бассейнов: №№ 2 (среднее течение р. Урух), 47–49, 54–63 (верховья р. Мамихдон, левого истока р. Ардон, правильная транскрипция – Мамисон, уточнено название), 75, 76 (верховья р. Заккадон, правого истока р. Ардон), 90 (среднее течение р. Фиагдон), 94 (верховья р. Фиагдон) (рис. 8).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

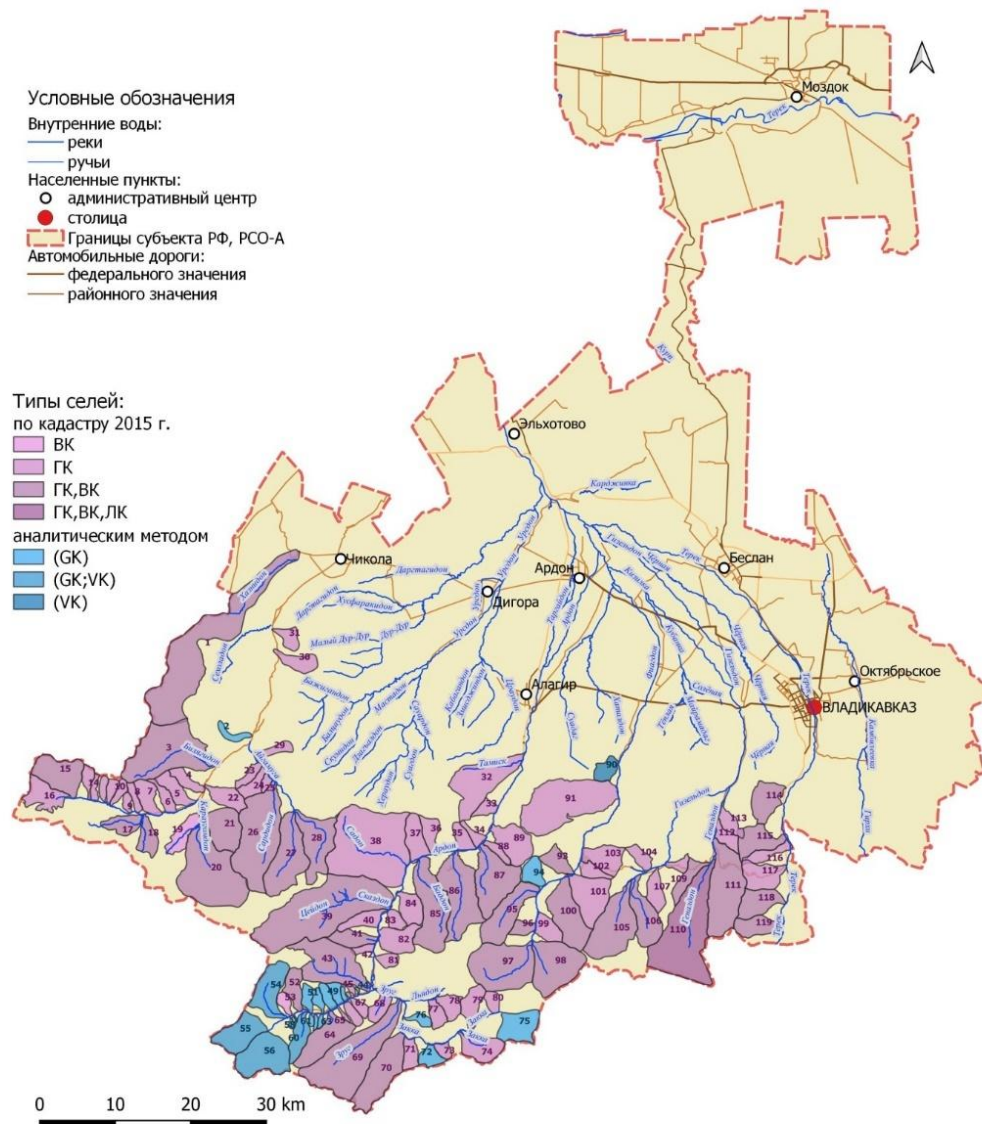


Рис. 8. Карта-схема селевых бассейнов РСО – Алания по типам селей. Типы селей расшифрованы в табл. 2
 Fig. 8. Schematic map of mudflow basins in the Republic of North Ossetia – Alania by mudflow type.
 The types of mudflows are deciphered in Table 2.

Оценка взаимосвязи между определенным типом селя и селевыми характеристиками речных бассейнов. В таблице 2 приведены селевые бассейны из Кадастра [6], где был определен тип селя методами машинной обработки (всего 22) (нумерация двойная – карта / кадастр для удобства пользователей). При этом использовались такие характеристики, как абсолютная высота истока в метрах и площадь стокообразующих поверхностей – тип подстилающей поверхности. Кроме того, учитывались такие дополнительные характеристики, как наличие снежных лавин и процент селеопасной площади в речном бассейне.

В результате анализа физико-географических особенностей природной среды исследуемых селевых бассейнов было установлено, что тип селя имеет широтную дифференциацию в зависимости от ряда природно-климатических условий и факторов. При помощи методов машинной обработки с высокой степенью достоверности были определены две высотные зоны распространения водокаменных селей (табл. 2):

1) низкогорно-среднегорная (в рельефе выражена серией хребтов – Лесистым и Пастбищным) с высотными отметками 800–1400 м. Здесь основной фактор формирования водокаменных селей это хорошая залесенность (более 70 %) и почти полное отсутствие открытых незадернованных поверхностей. В таблице 2 представлена селевым бассейном под № 90/4-01;

2) высокогорная (в рельефе выражена Боковым и Главным Кавказским хребтами) с высотными отметками от 2000 м и более. Здесь основной фактор формирования водокаменных селей – наличие ледников (ледниковый генезис формирования селя). В таблице 2 представлена селевыми бассейнами под №№ 54/3-24 – 56/3-25 б.

Таблица 2
Table 2

Оценка достоверности определения типа селя методами машинной обработки с учетом показателей селеопасности селевых бассейнов
Assessment of the reliability of determining the mudflow type by machine processing methods taking into account the indicators of mudflow hazard in mudflow basins

№	№ на карте / № по Кадастру 2015 г. [6]	Селевой бассейн	Тип селя (дополнен)	Генезис селя	Абсолютная высота истока, м.	Площадь стокообразующих поверхностей-тип подстилающей поверхности	Примечания
1	2/2-01	Безымянный/л.п. р. Урух	ГК	Д	1908	Скалы; незадернованные продукты выветривания	–
2	44/3-14	Безымянный / л.п. р. Мамисон выше с. Сатат	ГК	Д	2200	То же	–
3	47/3-17	Рагадаг, л.п. р. Мамисон, ниже с. Даллагкау	ГК	Д	2400	То же, по правому борту частично-луга (30 % от общей площади), ООМ	–
4	48/3-18	Тибцнайдон, л.п. р. Мамисон	ГК	Д	2760	То же, по правому борту частично-луга (30 % от общей площади), ООМ	–
5	49/3-19	Куатедон, л.п. р. Мамисон, с. Тиб	ГК-наносоводные паводки?	Д	2640	Луга, незадернованные продукты выветривания (10 % от общей площади), ООМ в верхней части	Селеопасны только верховья (30 %)
6	50/3-20	Рецидон, л.п. р. Мамисон	ГК	Д	2750	То же	–
7	51/3-21	Касатком	ГК	Д	3680	То же	–
8	54/3-24	<i>Бубудон, л.п. р. Мамисон, с. Лисри</i>	<i>ГК; ВК</i>	<i>Л; Л-Д</i>	2960	Ледники, скалы, морены (верховья), луга (40 %), в устье антропогенные ОМ (подрезка склона автодорогой)	Развиты снежные лавины
9	55/3-25a	<i>Козыдон, л.п. р. Земегондон</i>	<i>ГК; ВК</i>	<i>Л; Л-Д</i>	3100	Ледники, скалы, морены, луга (10–20 %) в приустьевой части	То же
10	56/3-25б	<i>Замегондон, исток р. Мамисон</i>	<i>ГК; ВК</i>	<i>Л; Л-Д</i>	3100	То же	–
11	57/3-26	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2600	Древние морены – ООМ и ОМ, луга и смешанные леса (более 50 %)	–
12	58/3-27	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2500	То же	–
13	59/3-28	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2500	То же	–
14	60/3-29	Кайтиком, п.п. р. Мамисон, напротив с. Тиб	ГК?	Л; Л-Д; Д?	3100	То же, древние морены и скалы (верховья) занимают более 50 %	Развиты снежные лавины
15	61/3-30	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2500	Древние морены – ООМ и ОМ, луга и смешанные леса (более 50 %)	–
16	62/3-31	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2600	То же	–
17	63/3-32	Безымянный, п.п. р. Мамисон	ГК	Д	2550	То же	–
18	72/3-41	Безымянный, л.п. р. Ардон	ГК	Д	3000	То же	–
19	75/3-44	Безымянный, исток р. Заккадон	ГК?	Д	3400	Древние морены, ООМ и ОМ луга и смешанные (10–20 %) в приустьевой части	–
20	76/3-45	Безымянный, п.п. р. Заккадон	ГК	Д	2800	То же	–
21	90/4-01	<i>Тагардон, л.п. р. Фиагдон, с. Тагардон</i>	<i>ВК</i>	<i>Д</i>	1400	<i>ОМ – «пьяный лес» (верховья), смешанные леса – 60 %</i>	–
22	94/4-05	Безымянный, л.п. р. Фиагдон	ГК	Д	2058	То же	–

Примечания: ? – данные требуют уточнения. Принятые сокращения: л.п. – левый приток; п.п. – правый приток; ГК – грязекаменный; ВК – водокаменный; Л – ледниковый; Л-Д – ледниково-дождевой; Д – дождевой; ООМ – обвално-осыпные массивы; ОМ – оползневые массивы. Курсивом выделены селевые бассейны с водокаменным типом селя, жирным шрифтом – дополнения авторов к Кадастру, 2015 г. [6]

Notes: ? – data requires clarification. Abbreviations: л.п. – left tributary; п.п. – right tributary; ГК – mud-rock; ВК – water-rock; Л – glacial; Л-Д – glacial-rainfall; Д – rainfall; ООМ – landslide-talus massifs; ОМ – landslide massifs. Mudflow basins with the water-rock type of mudflow are highlighted in italics. Bold indicates the authors' additions to the Inventory, 2015. [6]

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

При этом были выявлены селевые бассейны (под №№ 60/3-29, 75/3-44), где для достоверного определения типа селя необходим дополнительный анализ данных.

Выводы

Таким образом, исследование показало, что модель на основе ИНС достигает наивысших средних значений по метрикам accuracy, recall, precision и F1-мера на тестовых данных, чем SVM и логистическая регрессия. Это указывает на успешную работу разработанного классификатора. Для достижения более высокой эффективности работы классификатора необходимо использовать больший объем данных, а также комплекс всех основных условий и факторов селеформирования [8].

Как показала оценка достоверности определения типа селя методами машинной обработки с учетом показателей селеопасности селевых бассейнов, из 22-х в 20-ти селевых бассейнах тип селя был выявлен точно. При этом в 2-х бассейнах из 22-х для точного определения типа селя необходимо провести дополнительный анализ данных, увеличивая при этом как количество исследуемых селевых бассейнов, так и число условий и факторов селеформирования (например, для высокогорной зоны введение такого климатического условия и фактора, как температура с критическими значениями для схода селя того или иного типа).

В целом для оценки достоверности выделения определенного типа селя методами машинной обработки в дальнейшем необходимо провести сравнительный анализ данных по типам селей с учетом региональных особенностей, чтобы обеспечить точность и сбалансированность полученных данных на следующих территориях:

- по отдельным физико-географическим частям северного склона Большого Кавказа (Западный, Центральный, Восточный Кавказ);
- между южным и северным склонами Большого Кавказа;
- с другими селеопасными горными регионами РФ (например, Камчатско-Курильская горная страна и др.) и мира.

При этом на данном этапе получены данные о типах селей для селевых бассейнов, расположенных в верховьях р. Мамисон, левого истока р. Ардон (№№ 3–17 в табл. 2). С учетом того, что здесь строится горнолыжный курорт «Мамисон», результаты исследований представляют весомую практическую ценность и будут иметь большое значение при организации системы мер борьбы с ОПП, в том числе и с селями.

Библиографический список

1. Аджиев А. Х., Кондратьева Н. В., Кортиев А. Л. Селевые явления на всесезонном туристско-рекреационном комплексе «Мамисон» // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 4. С. 984–994. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-4-984-994 EDN: QJESBA
2. Аджиев А. Х., Кондратьева Н. В., Кортиев А. Л., Шидугов И. Ж. Оценка развития опасных склоновых процессов и явлений в районе проектирования и строительства всесезонного туристско-рекреационного комплекса «Мамисон» // Устойчивое развитие горных территорий. 2024. Т. 16, № 2. С. 803–813. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-803-813 EDN: BKNZZI
3. Бериев О. Г., Козырев Е. Н., Зак Т. В., Комжа А. Л., Харебов К. С., Джусоева Н. Г. Анализ чрезвычайных ситуаций на территории Республики Северная Осетия-Алания // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2018. № 4(75). С. 72–76. DOI: 10.31161/2541-9684-2018-62-4-74-78 EDN: VPJCLG
4. Гончаренко О. А., Заалишвили В. Б., Караев Ю. И., Никитин М. Ю. Опасные геологические процессы Северного Кавказа // Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа: сборник трудов конференции (Владикавказ, 20–22 сентября 2007 г.). Владикавказ, 2008. С. 160–166. EDN: PMDJUZ
5. Заалишвили В. Б. Опасные геологические процессы на территории Северной Осетии // Развитие регионов в XXI веке: материалы II Международной научной конференции. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2017. С. 360–368. EDN: PTONHV
6. Кадастр селевой опасности юга европейской части России / Н. В. Кондратьева, А. Х. Аджиев, М. Ю. Беккиев, М. М. Гедуева и др. М.: Феоория; Нальчик: Печатный двор, 2015. 148 с. ISBN: 978-5-905770-73-9 EDN: VHKUJH
7. Корчагина Е. А., Гедуева М. М., Атаев З. В., Джанпуев Д. Р., Дроздов А. Л. Геоэкологические исследования на территории северного склона Большого Кавказа // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2(100). С. 126–138. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-126-138 EDN: HWO0YZ
8. Кюль Е. В. Классификация факторов селеформирования // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2011. № 5(43). С. 66–70. EDN: OGGWDD
9. Кюль Е. В. Тектонические оползневые массивы Центрального Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2017. № 2. С. 67–81. EDN: YTYAGV
10. Описание работы QGIS // GIS-Lab: Геоинформационные системы и дистанционное зондирование Земли : сайт. URL: <https://gis-lab.info/> (дата обращения 02.02.2025)
11. Пьянков С. В., Шихов А. Н. Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 148 с. ISBN: 978-5-7944-3001-1 EDN: YMXXNP
12. Радеев Н. А. Предсказание лавинной опасности методами машинного обучения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2021. Т. 19, № 2. С. 92–101. DOI: 10.25205/1818-7900-2021-19-2-92-101 EDN: YGSJHG
13. Флейшман С. М. Сели. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 312 с.
14. Хулелидзе К. К. Анализ опасных природных процессов на территории Северной Осетии // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 1. С. 48–49. EDN: MUDCEN
15. Черных В. Н., Аюржанаев А. А., Жарникова М. А., Содномов Б. В., Шихов А. Н., Цыдыпов Б. З., Гармаев Е. Ж., Пьянков С. В. Картографирование наледей в трансграничном бассейне р. Чикой // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2022. № 3(62). С. 169–179. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-3-169-179 EDN: LCPRCU

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

16. Korchagina E. A. Long-term dynamics of the climatic factors of the natural hazards formation in the Northern Caucasus // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 840. P. 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/840/1/012036 EDN: VJRZDP
17. Kyul E. V. Geoecological monitoring of dangerous natural processes // International Journal of Ecology & Development. 2020. Vol. 35, No. 2. P. 55–66. EDN: WBZIEQ
18. Lombardo L., Mai P. M. Presenting logistic regression-based landslide susceptibility results // Engineering Geology. 2018. Vol. 244. P. 14–24. DOI: 10.1016/j.enggeo.2018.07.019
19. Petrushina M., Suslova E. Landscape successions in the zones of debris flow activity in the Northern Caucasus // Practical Geography and XXI Century Challenges. International Geographical Union Thematic Conference dedicated to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 4–6 June 2018, Moscow. Conference Book. Part 1. Moscow: Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 2018. P. 113. EDN: YMZAGT
20. Rahmati O., Kornejady A., Samadi M., Deo R.C., Conoscenti C. PMT: new analytical framework for automated evaluation of geo-environmental modelling approaches. Science // Science of the Total Environment, 2019. Vol. 664. P. 296–311. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.017

References

1. Adzhiev A. H., Kondratyeva N. V., Kortiev A. L. Mudflow processes at the all-season tourist and recreational complex “Mamison”. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2023, vol. 15, no 4, pp. 984–994. (In Russ.) DOI 0.21177/1998-4502-2023-15-4-984-994
2. Adzhiev A.H., Kondratyeva N.V., Kortiev A.L., Shidugov I.Zh. Assessment of the hazardous slope processes development and phenomena in the area of design and construction of the all-season tourist and recreational complex “Mamison”. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2024, vol. 16, no. 2, pp. 803–813. (In Russ.) DOI 10.21177/1998-4502-2024-16-2-803-813
3. Beriev O.G., Kozyrev E.N., Zaks T.V., Komzha A.L., Kharebov K.S., Dzhusoeva N.G. The analysis of emergency situations on the territory Republic of Northern Ossetia-Alania. *Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2018, no. 4(75), pp. 72–76. (In Russ.). DOI 10.31161/2541-9684-2018-62-4-74-78
4. Goncharenko O. A., Zaalishvili V. B., Karaev Yu. I., Nikitin M. Yu. Opasnye geologicheskie protsessy Severnogo Kavkaza [Dangerous geological processes of the North Caucasus]. In *Opasnye prirodnye i tekhnogennye geologicheskie protsessy na gornyykh i predgornyykh territoriyakh Severnogo Kavkaza : Sbornik trudov konferentsii (Vladikavkaz, 20–22 sentyabrya 2007 g.)*. Vladikavkaz, 2008, pp. 160–166. (In Russ.)
5. Zaalishvili V. B. Opasnye geologicheskie protsessy na territorii Severnoi Osetii [Dangerous geological processes on the territory of North Ossetia]. In *Razvitie regionov v XXI veke : Materialy II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii*. Vladikavkaz: Izd-vo SOGU, 2017, pp. 360–368. (In Russ.)
6. Kondratyeva N. V., Adzhiev A. Kh., Bekkiev M. Yu., et al. *Kadastr selevoj opasnosti yuga evropejskoj chasti Rossii* [Inventory of mudflow hazard in the South of the European part of Russia]. Moscow: Feoriya; Nalchik: Pechatny dvor, 2015. 148 p. (In Russ.)
7. Korchagina E.A., Gedueva M.M., Ataev Z.V., Dzhabpuev D.R., Drozdov A.L. Geoecological research in the territory of the northern slope of the Great Caucasus. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*, 2021, no 2(100), pp. 126–138. (In Russ.) DOI 10.35330/1991-6639-2021-2-100-126-138
8. Kyul' E. V., Dzhabpuev D. R. Klassifikatsiya faktorov seleformirovaniya [Classification of factors of mudflow formation]. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*, 2011, no. 5(43), pp. 66–70. (In Russ.)
9. Kyul E. V. Tectonic landslide massifs of the Central Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*, 2017, no. 2, pp. 67–81. (In Russ.)
10. Opisaniye raboty QGIS [Description of Q-GIS work]. *GIS-Lab: Geoinformatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovaniye Zemli* : website. URL: <https://gis-lab.info/> (In Russ.) (Accessed 2 February 2025).
11. Pyankov S. V., Shikhov A. N. *Geoinformatsionnoe obespechenie modelirovaniya gidrologicheskikh processov i yavleniy* [Geoinformation support of the modeling of hydrological processes and phenomena]. Perm: Perm State National Research University, 2017. 148 p. (In Russ.)
12. Radeev N. A. Avalanches forecasting using machine learning methods. *Vestnik NSU. Series: Information Technologies*, 2021, vol. 19, no. 2, pp. 92–101. (In Russ.) DOI 10.25205/1818-7900-2021-19-2-92-101
13. Fleishman S. M. *Seli* [Mudflows]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978. 312 p. (In Russ.)
14. Khulelidze K. K. Analiz opasnykh prirodnykh protsessov na territorii Severnoi Osetii [Analysis of dangerous natural processes on the territory of North Ossetia]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2010, no 1, pp. 48–49. (In Russ.)
15. Chernykh V. N., Ayurzhanayev A. A., Zhamikova M. A., Sodnomov B. V., Shikhov A. N., Tsydygov B. Z., Garmaev E. Zh., Pyankov S. V. Icing mapping in the Chikoy river transboundary basin. *Geographical Bulletin*, 2022, no. 3(62), pp. 169–179. (In Russ.) DOI 10.17072/2079-7877-2022-3-169-179
16. Korchagina E.A. Long-term dynamics of the climatic factors of the natural hazards formation in the Northern Caucasus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 840, p. 012036.
17. Kyul E.V. Geoecological monitoring of dangerous natural processes. *International Journal of Ecology & Development*, 2020, vol. 35, no. 2, pp. 55–66.
18. Lombardo L., P.M. Mai. Presenting logistic regression-based landslide susceptibility results. *Engineering Geology*, 2018, vol. 244, pp. 14–24. DOI 10.1016/j.enggeo.2018.07.019
19. Petrushina M., Suslova E. Landscape successions in the zones of debris flow activity in the Northern Caucasus. In *Practical Geography and XXI Century Challenges. International Geographical Union Thematic Conference dedicated to the Centennial of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, 4–6 June 2018, Moscow. Conference Book. Part 1. Moscow : Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 2018, p. 113.*
20. Rahmati O., Kornejady A., Samadi M., Deo R.C. Conoscenti C. PMT: new analytical framework for automated evaluation of geo-environmental modelling approaches. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 664, Pp. 296–311. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.017

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Кюль Е. В., Казакова Е. М., Гедуева М. М., Лютикова Л. А., Корчагина Е. А.

Статья поступила в редакцию: 14.03.25, одобрена после рецензирования: 08.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 14 March 2025; approved after review: 8 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Елена Владимировна Кюль

Кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Центр географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук; 360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

e-mail: elenakyul@mail.ru

Елена Мусовна Казакова

Младший научный сотрудник отдела нейроинформатики и машинного обучения, Институт прикладной математики и автоматизации, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук; 360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

e-mail: shogenovae@inbox.ru

Марьяна Мартиновна Гедуева

Кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Центр географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук; 360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

e-mail: m.gyaurgieva@mail.ru

Лариса Адольфовна Лютикова

Кандидат физико-математических наук, заведующий отделом нейроинформатики и машинного обучения, Институт прикладной математики и автоматизации, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук; 360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

e-mail: ularisa@yandex.ru

Елена Александровна Корчагина

Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Центр географических исследований, Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук; 360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

e-mail: helena.a.k@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Kyul

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2, Balkarova st., Nalchik, 360002, Russia

Elena M. Kazakova

Junior Researcher, Department of Neuroinformatics and Machine Learning, Institute of Applied Mathematics and Automation, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2, Balkarova st., Nalchik, 360002, Russia

Maryana M. Gedueva

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2, Balkarova st., Nalchik, 360002, Russia

Larisa A. Lyutikova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Neuroinformatics and Machine Learning, Institute of Applied Mathematics and Automation, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2, Balkarova st., Nalchik, 360002, Russia

Elena A. Korchagina

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Center for Geographical Research, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 2, Balkarova st., Nalchik, 360002, Russia

Вклад авторов

Кюль Е. В. – общее научное редактирование статьи (построение статьи, обработка и анализ данных, введение, выводы, библиография).

Казакова Е. М. – расчетные данные (1–3 этапы исследований – описательный анализ, построение и тренировка моделей).

Гедуева М. М. – введение, 4 этап исследований (создание карты-схемы селевых бассейнов РСО-А по типам селей), работа над текстом статьи, оформление статьи.

Лютикова Л. А. – научное редактирование статьи (часть – машинная обработка).

Корчагина Е. А. – анализ результатов, научное редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Elena V. Kyul – general scientific editing of the article, article structure, data processing and analysis, introduction, conclusions.

Elena M. Kazakova – computational data (1-3 stages of research – descriptive analysis, model building and training)

Maryana M. Gedueva – introduction; 4th stage of research (creation of the schematic map of mudflow basins by mudflow types); writing of the text; design of the article.

Larisa A. Lyutikova – part of the work on machine data processing.

Elena A. Korchagina – analysis of the results; scientific editing.

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



Научная статья

УДК 911.2 + 911.5 + 911.9

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-18-29

EDN: TFNGAQ

**ИЗМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТОВ РАЙОНА ПАВЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
В ПРИМОРСКОМ КРАЕ****Александр Анатольевич Гуров¹, Сергей Владимирович Осипов², Елена Владимировна Ивакина³**^{1, 2, 3} Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия¹ alexgurov1987@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2124-0014, ResearcherID: K-2962-2018, Scopus Author ID: 57204876923, SPIN-код: 3032-9479² sv-osipov@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7837-2344, ResearcherID: E-2057-2015, Scopus Author ID: 8597703300, SPIN-код: 4495-8172³ celenn@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-4039-0763, ResearcherID: K-2971-2018, Scopus Author ID: 55682663700, SPIN-код: 9366-7430

Аннотация. Горнопромышленная деятельность – одна из заметных трансформирующих сил в хозяйственной деятельности человека. Изучение трансформации ландшафтного покрова в процессе добычи и переработки полезных ископаемых приобретает все большую актуальность. Это важно для выработки эффективных подходов минимизации негативных последствий и поиска оптимальных путей последующего восстановления ландшафтов. Цель данной работы – провести анализ изменения ландшафтного покрова ключевого участка в пределах Павловского угольного месторождения (Приморский край) в течение 39-летнего периода (1985–2024 гг.). В основе работы лежат материалы экспедиционных исследований и разновременные космические снимки. Использовались общепринятые методики ландшафтных исследований. Собранная информация послужила фундаментом для подготовки геоинформационной системы «Антропогенные и природные урочища Павловского угольного месторождения». Ее основное содержание составляют ландшафтные карты ключевого участка на 1985 и 2024 гг. Выявлено значительное разнообразие классов антропогенных урочищ. Анализ ландшафтного покрова показал, что освоенность ключевого участка связана главным образом с горнопромышленным и сельскохозяйственным производством. Основной тренд в трансформации ландшафтного покрова за рассматриваемый период заключался в постепенном снижении доли сельскохозяйственных земель в пользу горнопромышленных. Выявлено 18 вариантов смены классов урочищ. Каждый вариант отражает смену исходного выдела по одному или двум направлениям: изменение по шкале преобразованности (естественности-искусственности) и изменение среды. Значительное количество выделенных вариантов является показателем глубокой трансформации ландшафтного покрова района в ходе развития добычи угля и возведения сопутствующей инфраструктуры в течение 39-летнего периода.

Ключевые слова: техногенный геокомплекс, ретроспективный мониторинг, геосистема, ландшафт, урочище, структура, освоенность территории, фрагментация ландшафтов, геоинформационная система

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств государственного задания Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (№ FWMW-2025-0001), финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Для цитирования: Гуров А. А., Осипов С. В., Ивакина Е. В. Изменение ландшафтов района Павловского угольного месторождения в Приморском крае // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 18–29. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-18-29 EDN: TFNGAQ



Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-18-29

EDN: TFNGAQ

LANDSCAPE CHANGES IN THE PAVLOVSKOE COAL DEPOSIT AREA IN PRIMORSKY KRAI

Alexander A. Gurov¹, Sergei V. Osipov², Elena V. Ivakina³

^{1,2} Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the RAS, Vladivostok, Russia

¹ alexgurov1987@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2124-0014, ResearcherID: K-2962-2018, Scopus Author ID: 57204876923; SPIN-code: 3032-9479

² sv-osipov@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7837-2344, ResearcherID: E-2057-2015, Scopus Author ID: 8597703300, SPIN-code: 4495-8172

³ celenn@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-4039-0763, ResearcherID: K-2971-2018, Scopus Author ID: 55682663700, SPIN-code: 9366-7430

Abstract. Mining is one of the most significant transformative forces in human economic activity. Research on the landscape cover transformation as affected by mineral extraction and processing is becoming increasingly topical. It is important for developing effective approaches to the minimization of negative consequences and for finding optimal ways to restore landscapes. The purpose of this research work is to analyze changes in the landscape cover in a key area within the Pavlovskoe coal deposit (Primorsky Krai) over a 39-year period (1985-2024). The work is based on expeditionary research materials and satellite images taken at different times. Generally accepted landscape research methods were used. Collected information served as the foundation for preparing the geoinformation system “Anthropogenic and natural meso-landscapes (tracts, urochishche) of the Pavlovskoe coal deposit.” It is based on landscape maps of the key area for 1985 and 2024. The study has revealed a significant variety of classes of anthropogenic meso-landscapes. The landscape cover analysis has shown that development of the key area is primarily associated with mining and agricultural production. The main trend in the landscape cover transformation during the period under study was a gradual decrease in the share of agricultural land in favor of mining. Eighteen variants of the meso-landscape classes change have been identified. Each variant reflects changes in the original meso-landscape in one or two directions: a change of a certain transformation degree (naturalness-artificiality) and a change in the environment. The significant number of the identified variants indicates a deep transformation of the landscape cover in the course of coal mining and construction of related infrastructure during the 39-year period.

Keywords: technogenic geocomplex, retrospective monitoring, geosystem, landscape, tract, structure, development of the territory, transformation, fragmentation of landscapes, geoinformation system, GIS

Funding. The research was carried out as part of the state assignment undertaken by the Pacific Geographical Institute of the Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (No. FWMW-2025-0001), funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

For citation: Gurov A. A., Osipov S. V., Ivakina E. V. Landscape changes in the Pavlovskoe coal deposit area in Primorsky Krai. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 18–29. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-18-29 EDN: TFNGAQ

Введение

Горнопромышленная деятельность способна коренным образом изменить естественный ландшафтный покров, это одна из заметных трансформирующих сил в обширном спектре хозяйственной деятельности человека. Под ее воздействием меняется облик регионов нашей планеты. На месте природных ландшафтов формируются мозаики из карьерно-отвалных комплексов и шахт, чередующихся с промышленными зонами перерабатывающих предприятий и населенными пунктами. Изучение трансформируемых ландшафтов важно для поиска эффективных подходов минимизации негативных последствий и оптимальных путей их последующего восстановления. Важную роль в подобных исследованиях играют разновременные данные дистанционного зондирования Земли. Сравнение ландшафтных карт, в основе которых лежат такие данные, позволяет подробно реконструировать историю освоения рассматриваемой территории и выполнить анализ трансформации ее ландшафтного покрова. Подобные исследования приобретают все большую актуальность [10; 11; 24; 29–35].

Горнопромышленное производство в Приморском крае – это исторически сложившаяся отрасль хозяйственной деятельности. В границах края сформировались значительные площади горнопромышленных ландшафтов. В качестве примера можно привести карьерно-отвалы комплексы Лучегорского топливно-энергетического комплекса на севере края [2] или районы добычи полиметаллических руд на востоке (г. Дальнегорск, окрестности п. Кавалерово, с. Рудная пристань) [15–17] и др. В пределах Приморского края проводились разнообразные исследования, направленные на изучение изменения природной среды, состояния геосистем и их природных компонентов для горнопромышленных ландшафтов [3; 5; 18; 19; 21–23; 26]. Но комплексные исследования, посвященные изменению ландшафтного покрова, которые бы опирались на разновременные детальные ландшафтные карты, являются большой редкостью для края [1; 14]. Значимость таких работ, несомненно, важна, поскольку они позволяют взглянуть на объект исследования в комплексе, проследить его развитие во времени, а сопоставление таких данных по различным объектам трудно переоценить.

Целью данной работы является анализ изменения ландшафтного покрова ключевого участка в пределах Павловского угольного месторождения. Для достижения поставленной цели нами определены следующие задачи: 1) подготовить геоинформационную систему, включающую в себя разновременные карты – современную ландшафтную карту и состояние на 1985 г.; 2) провести анализ современного состояния ландшафтного покрова ключевого участка; 3) провести анализ изменения ландшафтного покрова ключевого участка на основе сравнения разновременных ландшафтных карт (ретроспективный мониторинг).

Материалы и методы исследований

Ключевой участок расположен на юге Приморского края (Дальний Восток России) и приурочен к Павловскому месторождению, относящемуся к Ханкайскому угольному бассейну. Месторождение открыто в 1894 г. Подготовительные работы на месторождении начаты в 1956 г., эксплуатационные – в 1968 г. [27] и продолжаются в настоящее время. Угленосные площади разрабатываются открытым способом. Территория месторождения располагается в пределах Ханкайского срединного массива, сложенного кристаллическими сланцами и гнейсами нижнего протерозоя, среди которых зажаты в складках верхнепротерозойские и кембрийские отложения [28]. Рельеф мелкосопочный холмистый с небольшой крутизной склонов [7; 8; 12]. Район исследований располагается в пределах Тихоокеанской климатической области умеренной зоны, в ее Амуро-Уссурийском районе. В структуре почвенного покрова района выделяются следующие типы почв: задернованные слоисто-пойменные, остаточно-пойменные луговые и болотные в поймах рек; лугово-бурые отбеленные (оподзоленные) на полого-волнистых равнинах и плоских водоразделах; бурые отбеленные типичные (буроподзолистые) на холмисто-увалистых территориях; бурые глеевато-отбеленные (глеевато-оподзоленные), бурые лесные слабокислые на подгорных наклонных равнинах, шлейфах склонов, останцах [6]. Согласно карте ландшафтов Приморского края [25], большая часть ключевого участка находится в пределах мелкосопочных и эрозивно-аккумулятивно-равнинных ландшафтов.

Полевой материал получен в ходе экспедиционных исследований 2019 г., были использованы материалы геоботанических исследований 2007–2009 гг. В подготовительный период проводился сбор следующих материалов: литературные данные по исследуемому району, топографические карты масштабов 1:100000, 1:50000, 1:25000, использовались дистанционные данные из открытых источников (Google, Yandex, ESRI, EO Browser). На основе подобранных картографических материалов составлена полевая карта урочищ для ключевого участка в масштабе 1:50000. Во время полевых исследований применялись общепринятые методики [4; 9]. Всего описано 68 основных и картировочных точек. Описания проводились детально-маршрутным методом.

В процессе формирования геоинформационной системы создан слой на основе точек полевых описаний. В атрибутивную таблицу слоя заносилась информация по ландшафтным компонентам для каждого описанного выдела. Далее полученный слой накладывался на топографическую основу и космические снимки, добавлялся созданный ранее слой с предварительной картой и выполнялись работы по корректировке и нанесению границ выделов, описанных в ходе полевых исследований. Картографирование проводилось на основе разработанной ранее классификации антропогенных урочищ [2; 13–17]. В классификации принята единая последовательность классификационных рангов, термин «класс» используется как безранговый, применимый к единицам любого ранга. Классы I ранга – порядки – выделены на основе двух оснований: 1) набор сред географической оболочки, формирующих ярусное сложение урочищ (наземный, земноводный, водный, донный и др.); 2) степень преобразованности (естественности – искусственности) геокомплексов. Классы II и III рангов выделены как контрастные классы в пределах порядков урочищ. Ведущие критерии – наиболее общие особенности строения (материала и сложения) и функционирования фаций, в том числе материально-технической и технологической составляющих деятельности человека. Классы IV ранга выделены на основе следующих критериев: форма рельефа (вершины, склоны, др.), уклон (покатые – крутые), почвы или техногенные поверхностные образования, растительный покров.

Полученные картографические слои легли в основу ГИС «Антропогенные и природные урочища Павловского угольного месторождения». Геоинформационная система составлена с использованием программного обеспечения ArcGIS 10. При выполнении анализа изменения ландшафтного покрова использован прием сравнения разновременных карт. В их основе лежат спутниковые снимки Landsat (дата съемки 01.06.1985) и Sentinel 2 (дата съемки 09.11.2024). Временной промежуток между анализируемыми материалами составляет 39 лет.

Результаты исследований

Содержание ГИС «Антропогенные и природные урочища Павловского угольного месторождения» составляют наборы слоев: современная ландшафтная карта ключевого участка (467 выделов) и ландшафтная карта ключевого участка на 1985 г. (363 выдела). На рисунке 1 приведена ландшафтная карта исследуемого района по состоянию на 2024 г. Разнообразие антропогенных и природных урочищ показано в табл. 1 и представлено 7 классами I ранга (порядками), 14 классами II ранга, 25 классами III ранга, 32 классами IV ранга (родами урочищ). При составлении классификации нами использована шкала преобразованности (естественности – искусственности) геокомплексов. Природные геокомплексы образованы природными

компонентами и характеризуются естественным строением, функционированием и развитием. Влияние человека не трансформировало их инвариант, т.е. имеющиеся антропогенные изменения обратимы. Техно-природные геоконплексы также образованы природными компонентами. Однако антропогенные воздействия существенно трансформировали некоторые компоненты и инвариант в такой степени, что самопроизвольное возвращение геоконплекса в первоначальное состояние стало невозможным. Необратимость изменений часто обусловлена преобразованием рельефно-субстратной (литогенной) основы ландшафта и созданием отдельных сооружений. Природно-технические геоконплексы в значительной степени состоят из искусственных материалов и сооружений, природные компоненты в них значительно изменены. Как следствие, строение, функционирование и развитие природно-технических геоконплексов определяется в большей степени деятельностью человека, природные процессы играют значимую, но не ведущую роль [17].

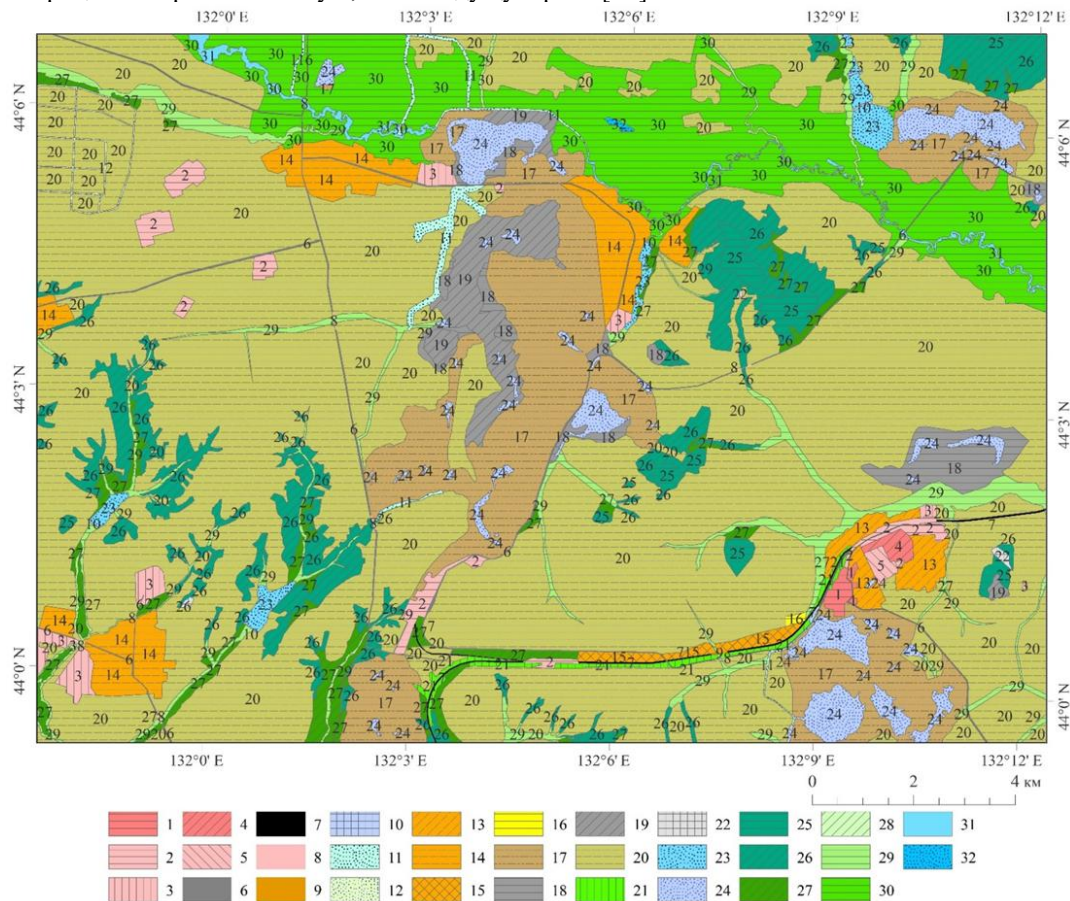


Рис. 1. Карта урочищ ключевого участка Павловского угольного месторождения, современное состояние.

Легенду см. в табл. 1

Fig. 1. Map of the key area within the Pavlovskoe coal deposit, current state. See legend in Table 1

Площадь ключевого участка составляет 285 км², из них 9 км² приходится на природно-технические урочища, 213 км² – на техно-природные, более 63 км² занимают природные урочища. Для природно-технического класса наиболее характерны малоэтажная и среднеэтажная производственная, жилая и недействующая застройка на покатых участках (рис. 1: № 1–5). Выделы являются частями производственных комплексов, их транспортных коммуникаций, «ядра» крупнейшего населенного пункта (Новошахтинский). В их структуру входят придомовые дворы, различные площадки, фрагменты дорожной сети, подземные технические коммуникации (линии водоснабжения, отопления, связи, энергоснабжения). Почвенный покров представлен естественными и антропогенно измененными почвами. Среди техногенных поверхностных образований широко распространены квазиземы (гумусированные, внешне сходные с почвами, почвоподобные образования) и натурфабрикаты (поверхностные образования, лишённые гумусированного слоя и состоящие из минерального, органического и органоминерального материала природного происхождения) [20]. Растительный покров встречается на придомовых территориях и пустырях, представляющих собой участки спонтанного зарастания, участки искусственного озеленения и остатки естественной растительности. На участках спонтанного зарастания встречаются сорные и рудеральные виды. Озеленение придомовых территорий и скверов представлено древесными и кустарниковыми видами. Клумбы заняты декоративными красивоцветущими травами [2].

Среди урочищ техно-природного класса преобладают сельскохозяйственные поля на покатых склонах (рис. 1: № 20), отвалы поверхностных горных пород (№ 17), водоемы в карьерах и котлованах (№ 24), села и

деревни на покатых участках (№ 14). Данный класс формирует периферию крупного населенного пункта, малые населенные пункты района и их окружение – земли, занятые под сельскохозяйственное и горнопромышленное производство. Охарактеризуем отвалы поверхностных горных пород, обнажения рыхлых горных пород покатые и обнажения скальных горных пород крутые (рис. 1: № 17–19). Эти выделы являются частями карьерно-отвалных комплексов ключевого участка. Литогенная основа представлена четвертичными глинами, суглинками и супесями, галечниками, гравийниками, песками и песчанниками, аргелитами, алевролитами, эффузивами и сланцами. Почвенный покров представлен техногенными поверхностными образованиями, эволюционно сопряженными друг с другом: литостратами инициальными, литостратами органо-аккумулятивными, литостратами дерновыми и литостратами гумусо-аккумулятивными [20]. В пределах карьерно-отвалных комплексов выявлены четыре сукцессионные серии. Ксеромезоморфная серия представлена тремя вариантами: «травяным» (встречается часто), «осиновым» (встречается часто), «мохово-лишайниковым» (встречается очень редко). Мезоморфная серия представлена двумя вариантами: «травяным» (встречается очень часто) и «осиновым» (встречается часто). Гигромезоморфная серия представлена тремя вариантами: «травяным» (встречается очень часто), «ивовым» (встречается часто), «осиновым» (встречается редко). Гидроморфная серия встречается редко, представлена одним вариантом из земноводных и водных трав.

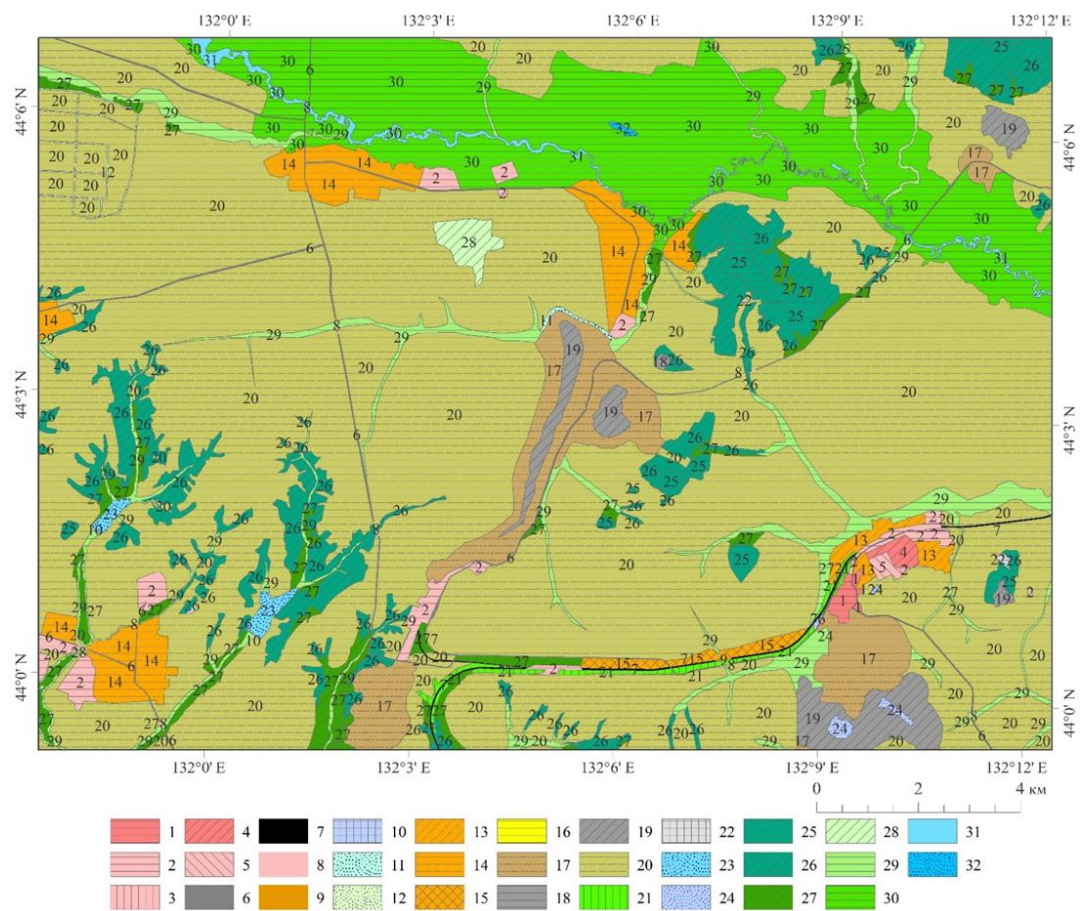


Рис. 2. Карта урочищ ключевого участка Павловского угольного месторождения, состояние на 1985 г.

Легенду см. в таблице 1

Fig. 2. Map of the key area within the Pavlovskoe coal deposit as of 1985. See legend in Table 1.

Природные классы урочищ сохранились в основном в виде вершин и склонов с дубовыми лесами и узких полос с лугами, приуроченными к долинам ручьев. В первом случае – это дубовые лесопедецевые леса, редко – дубовые разнотравные. В древесном ярусе доминирует дуб монгольский, встречаются береза даурская, липа маньчжурская, абрикос маньчжурский, осина. Во втором случае – это вейниково-тростниковые луга (преобладают тростник южный и вейник Лангсдорфа) по поймам ручьев и разнотравно-вейниковые луга (кровохлебка мелкоцветковая, ирис мечевидный, дербенник иволистный, пикульник двунадрезанный, вербейник даурский, спорадически разные виды осок и мятлик луговой), где на склонах к поймам тростника становится меньше, а разнотравья больше. Обращает на себя внимание широкая и протяженная пойма р. Абрамовки в северной части района. Она занимает 28 км², что делает этот тип урочищ самым значимым по площади среди природного класса. Здесь произрастают вейниково-осоковые переувлажненные луга, пойма регулярно подтопляется.

Ландшафтный покров ключевого участка в значительной степени антропогенно изменен, его освоенность связана с сельскохозяйственным производством, сельским и городским строительством, добычей и переработкой полезных ископаемых, строительством промышленных объектов и автодорог.

Таблица 1
Table 1

Классификация природно-технических, техно-природных и природных урочищ Павловского угольного месторождения (легенда к карте на рис. 1 и 2), площадь и число выделов (полигонов)
Classification of natural-technical, techno-natural, and natural meso-landscapes of the Pavlovskoe coal deposit (legend to the map in Figs. 1 and 2), the area and number of sections (polygons)

Классы I ранга	Классы II ранга	Классы III ранга	Классы IV ранга	Современное состояние		Состояние на 1985 г.	
				Площадь, км ²	Число, штук	Площадь, км ²	Число, штук
1	2	3	4	5	6	7	8
Природно-технические наземные	Промышленные зоны с разреженной технической инфраструктурой	Промышленные зоны со средне- и малоэтажной застройкой	1. Среднеэтажная производственная застройка на покатых участках	0 (0,4)	4	0 (0,4)	4
			2. Малоэтажная производственная застройка на покатых участках	2	13	3	18
			* Малоэтажная застройка с недействующими строениями	2	8	—	—
	Городские районы со средне- и малоэтажной застройкой	Городские районы со среднеэтажной застройкой	4. Среднеэтажная жилая застройка на покатых участках	0 (0,4)	1	0 (0,4)	1
			5. Малоэтажная застройка общественными зданиями на покатых участках	0 (0,3)	1	0 (0,2)	1
	Транспортные магистрали	Наземные магистрали	6. Автодороги II–V категорий	2	10	1	11
			7. Железные дороги	0 (0,4)	6	0 (0,4)	6
		Мосты sensu lato (мосты sensu stricto, эстакады, путепроводы, виадуки)	8. Мосты автодорожные	0 (0,04)	8	0 (0,04)	9
			9. Мосты железнодорожные	0 (0,009)	1	0 (0,01)	1
Природно-технические земноводные			Плотины	Плотины	10. Плотины малые	0 (0,05)	5
	* Водотоки технологические	* Водотоки технологические	11. Каналы гидротехнические	1	7	0 (0,1)	2
			12. Ирригационные траншеи	0 (0,4)	1	0 (0,4)	1
Техно-природные наземные	Пригородные, сельские и дачные районы	Пригороды	13. Пригороды на покатых участках	2	3	1	3
			14. Сёла и деревни на покатых участках	8	11	8	11

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
		Дачные районы	15. Дачи на покатых участках	1	3	1	3
		*Отдельные строения в природном окружении	16. Сельскохозяйственные строения на покатых участках	0 (0,7)	1	—	—
	Отвалы и обнажения горных пород	Насыпи и отвалы горных пород	17. Отвалы поверхностных горных пород	26	10	10	7
		Обнажения горных пород	18. Обнажения рыхлых горных пород покатые	4	12	0 (0,1)	1
			19. Обнажения скальных горных пород крутые	5	4	5	5
	Сельскохозяйственные земли	Сельскохозяйственные поля	20. Сельскохозяйственные поля на покатых склонах	158	78	179	62
		Лесопосадки (лесокультуры)	21. Лесополосы широколиственных и мелколиственных пород	1	8	1	8
	* Сакральные места	Кладбища и мемориалы	22. Кладбища	0 (0,1)	3	0 (0,07)	3
Техно-природные земноводные	Водоёмы мелководные антропогенные	Пруды	23. Пруды	2	7	1	2
		Водоёмы в карьерах, котлованах и т.п.	24. Водоёмы в карьерах и котлованах	7	58	0 (0,3)	4
Природные наземные	Вершины и склоны	Вершины	25. Вершины с дубовыми лесами	3	14	3	14
		Склоны	26. Склоны покатые с дубовыми лесами	16	66	16	66
			27. Склоны покатые с вейниково-разнотравными лугами	6	53	6	54
			28. Склоны покатые с травяными болотами	—	—	1	1
	Долины речные	Долины ручьев	29. Долины ручьев с злаково-разнотравными лугами	8	37	10	35
		Поймы малых рек	30. Поймы малых рек с вейниково-осоковыми лугами	28	29	35	24
Природные земноводные	Русла рек	Русла малых рек	31. Русла малых рек	1	4	2	3
Природные водные	Озера	Озера малые	32. Озера малые	0 (0,1)	1	0 (0,07)	1
Всего,				285	467	285	363
в том числе природно-технических				9	65	6	56
техно-природных				213	198	206	109
природных				63	204	73	198

Примечание. Знаком «*» отмечены переходные классы, прочерк – класс отсутствует

Note. * indicates transitional classes; dash indicates that there is no class assigned.

Сравнение разновременных карт (рис. 1, 2) показало, что соотношение площадей природно-технических, техно-природных и природных урочищ составило 6:206:73 км² в 1985 г. и 9:213:63 км² в 2024 г. Площадь антропогенных урочищ увеличилась на 10 км². Основной прирост на момент 2024 г. отмечается в классе «отвалы

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Гуров А. А., Осипов С. В., Ивакина Е. В.

и обнажения горных пород» (табл. 1: № 17–19), с 15 до 35 км². Это наиболее значительный рост за весь период. Рассмотрим произошедшие изменения подробнее. На момент 1985 г. карьерно-отвальные комплексы только формируются. Наиболее крупный из них, находящийся в центре ключевого участка, представляет собой два карьера, окруженных отвалами вскрышной породы общей площадью более 3 км², водоемы в карьерах отсутствуют. К 2024 году площадь отвалов увеличивается до 16 км², комплекс уже вплотную примыкает к расположенному рядом с. Павловка. Старые карьеры заполнены водой, частично закрыты отвалами вскрышной породы. Обращает на себя внимание канализированный водоток, окаймляющий северную часть комплекса на момент 1985 г. (рис. 2: № 11), он сдвигает естественное русло ручья, позволяя ему огибать расширяющийся комплекс. К 2024 году этот искусственный водоток погребен под отвалами, а карьерно-отвальный комплекс сместился западнее. Оставшаяся часть русла, впадающая в р. Абрамовку, становится прудом (№ 23).

Появляется новый канализированный водоток с западной стороны комплекса, он пролегает вдоль него (с юга на север), заканчиваясь большим водоемом в карьере площадью 1,4 км². Произошедшие изменения отражают трансформации гидрографической сети. Изменения, происходившие на других карьерно-отвальных комплексах, носят схожий характер. Это постепенный рост площади вскрышных отвалов по периферии карьеров и формирование в них водоемов на завершающем этапе разработки.

В исследуемом районе отмечаются изменения в категориях малоэтажной производственной, общественной и недействующей застройки (табл. 1: № 2, 3, 5). Главные изменения связаны с ростом площади малоэтажной застройки с недействующими строениями на покатых участках. Это объясняется деградацией инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий в первой половине рассматриваемого периода. На карте 2024 года такие выделы (рис. 1: № 3) приурочены в основном к селам и деревням (рис. 1: № 14). Следует отметить недавнее появление новых сельскохозяйственных комплексов с сопутствующей инфраструктурой в северо-западной части рассматриваемого района (рис. 1: № 2). На момент сбора полевых материалов эти предприятия еще активно возводились, а на снимке за 2024 г. строительство уже завершено. Населенные пункты и их инфраструктура также развивались, заметны рост доли пригородов на покатых участках (табл. 1: № 13) и увеличение малоэтажной застройки общественными зданиями на покатых участках.

Таблица 2
Table 2

Варианты смены классов антропогенных и природных урочищ
Павловского угольного месторождения с 1985 по 2024 г.
Variants of the class change in anthropogenic and natural meso-landscapes
in the Pavlovskoe coal deposit from 1985 to 2024

1985 г.	2024 г.	Площадь, км ²
Природно-технические наземные	Природно-технические наземные*	1
Природно-технические наземные	Техно-природные наземные	0 (0,05)
Природно-технические наземные	Техно-природные наземные	0 (0,08)
Природно-технические наземные	Техно-природные земноводные	0 (0,03)
Природно-технические земноводные	Техно-природные наземные	0 (0,1)
Природно-технические земноводные	Техно-природные земноводные	0 (0,006)
Техно-природные наземные	Природно-технические наземные	1
Техно-природные наземные	Природно-технические земноводные	1
Техно-природные наземные	Техно-природные наземные*	23
Техно-природные наземные	Техно-природные земноводные	5
Техно-природные земноводные	Техно-природные наземные	0 (0,02)
Природные наземные	Природно-технические земноводные	1
Природные наземные	Техно-природные наземные	6
Природные наземные	Техно-природные земноводные	3
Природные наземные	Природные наземные*	0 (0,05)
Природные земноводные	Техно-природные наземные	0 (0,07)
Природные земноводные	Техно-природные земноводные	0 (0,1)
Природные земноводные	Природные наземные	0 (0,04)
Всего		42

Примечание. Знаком * отмечены варианты, где смена класса произошла на самом детальном уровне (класс 4 ранга) классификации

Note. * indicates variants where the class change occurred at the most detailed level of the classification (IV-rank class)

Заметная трансформация произошла в категории сельскохозяйственных земель. Общая площадь, занимаемая сельскохозяйственными полями на покатых склонах, сократилась на 21 км². Такие изменения связаны с ростом количества выделов в категории отвалов и обнажений горных пород.

Доля природных урочищ сократилась на 10 км². Главная причина – распашка новых полей и появление карьерно-отвального комплекса в пойме р. Абрамовки.

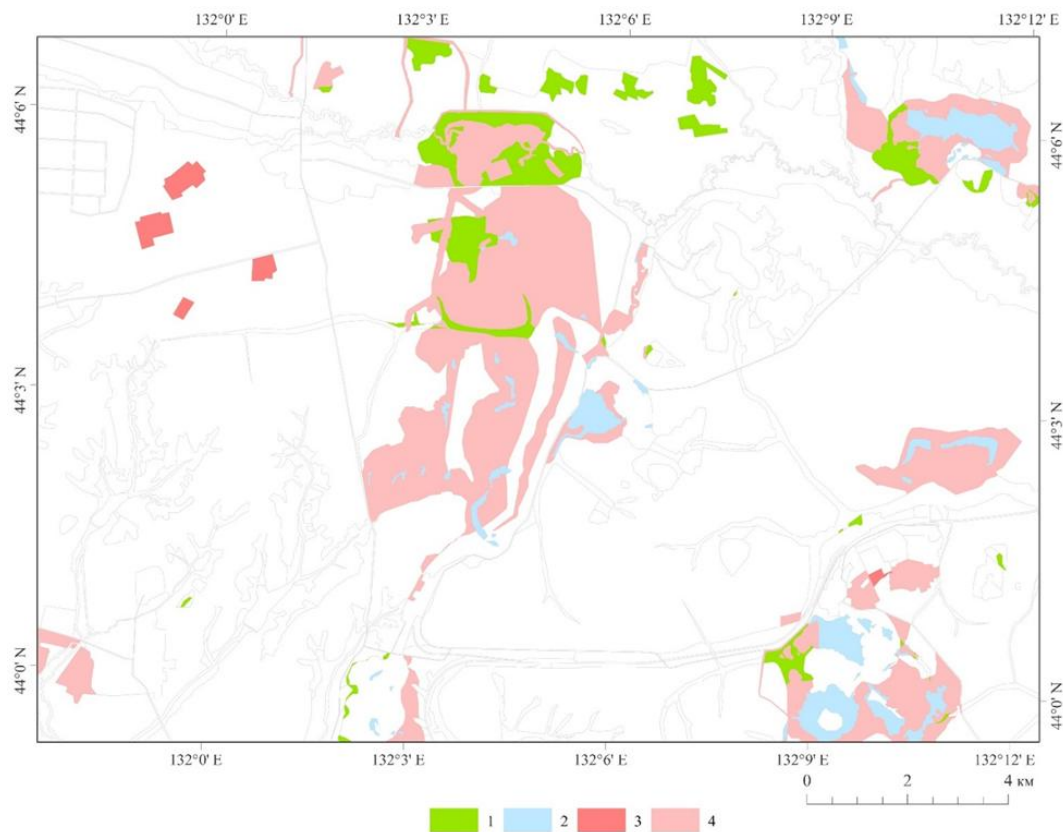


Рис. 3. Карта смены классов урочищ Павловского угольного месторождения за период с 1985 по 2024 г., замещение: 1 – природных наземных урочищ на техно-природные наземные;

2 – техно-природных наземных на техно-природные земноводные;

3 – техно-природных наземных на природно-технические наземные; 4 – прочие варианты

Fig. 3. Map of class changes for meso-landscapes of the Pavlovskoe coal deposit for the period from 1985 to 2024.

Transformation of: 1 – natural terrestrial meso-landscapes into techno-natural terrestrial meso-landscapes;

2 – techno-natural terrestrial meso-landscapes into techno-natural terrestrial-aquatic meso-landscapes; 3 – techno-natural terrestrial meso-landscapes into natural-technological terrestrial meso-landscapes; 4 – other variants

Общая площадь выделов, сменивших свой класс, составила 42 км² (рис. 3). Выявлено значительное разнообразие вариантов смены классов (табл. 2). Приведем три наиболее характерных варианта трансформации. Первый вариант – замещение природных наземных урочищ на техно-природные наземные. Здесь исходные выделы, характеризующиеся естественным строением, функционированием и развитием, претерпевают существенное изменение одного или нескольких компонентов (литогенная основа, почвенный и растительный покров), что обуславливает необратимость изменений и невозможность возврата в первоначальное состояние. Другой вариант – смена техно-природных наземных на техно-природные земноводные. Он отражает изменение среды. В большинстве случаев такой вариант характеризует изменение выделов из категории обнажений горных пород (карьеры) в водоемы в карьерах и котлованах. Третий вариант представляет собой замещение выделов техно-природных наземных на природно-технические наземные и отражает изменение по шкале преобразованности (естественности-искусственности) в сторону увеличения роли технических (искусственных) компонентов в структуре ландшафта.

Выводы

Анализ ландшафтного покрова показал, что освоенность района Павловского угольного месторождения связана с сельскохозяйственным производством, сельским и городским строительством, добычей и переработкой полезных ископаемых, строительством промышленных объектов и автодорог. Природно-технические и техно-природные урочища занимают 78 % площади. При этом выявлено их значительное разнообразие.

На основе сравнения разновременных ландшафтных карт определено соотношение площадей природно-технических, техно-природных и природных классов урочищ: в 1985 г. оно составило 6:206:73 км², в 2024 г. – 9:213:63 км². Главные изменения в соотношении классов связаны с сокращением доли сельскохозяйственных земель и увеличением отвалов и обнажений горных пород. Выявлено 18 вариантов смены классов урочищ. Каждый вариант отражает смену исходного выдела по одному или двум направлениям: изменение по шкале преобразованности (естественности-искусственности) и изменение среды.

Библиографический список

1. Гуров А. А. Трансформация антропогенных ландшафтов в Сихотэ-Алинском биосферном районе // География и природные ресурсы. 2023. № 2. С. 123–135. DOI: 10.15372/GIPR20230213 EDN: ORWXSE
2. Гуров А. А., Осипов С. В., Ивакина Е. В., Жарикова Е. А., Старожилов В. Т. Ландшафтное картографирование горнопромышленных территорий и их природного окружения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. 2022. № 2. С. 47–59. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9310 EDN: ZBWOAS
3. Дербенцева А. М., Черновалова А. В., Семаль В. А. Природно-техногенные почвенные катены юго-запада Приморья. Владивосток: ДВФУ, 2014. 84 с.
4. Жучкова В. К., Раковская Э. М. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Академия, 2004. 311 с. ISBN: 5-7695-1430-2 EDN: QKEGDP
5. Зверева В. П. Экологические последствия гипергенных процессов на оловорудных месторождениях Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 165 с. ISBN: 978-5-8044-0826-9 EDN: QKHPUV
6. Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
7. Ивашильников Ю. К. Структурно-геоморфологические особенности строения и районирования юга Дальнего Востока // Вопросы географии и геоморфологии советского Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1992. С. 108–132.
8. Ивашильников Ю. К. Физическая география Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1999. 324 с.
9. Исаченко А. Г. Прикладное ландшафтоведение. Ч. I. Л.: Изд-во Ленингр. университета, 1976. 150 с.
10. Исаченко Г. А., Резников А. И. Ландшафты Санкт-Петербурга: эволюция, динамика, разнообразие // Биосфера. 2014. Т. 6, № 3. С. 231–249. EDN: SSXQSB
11. Карпухина Н. В., Киселева В. В., Трифонова Т. В. Использование ГИС для оценки техногенной динамики ландшафтов Верхне-Яузских болот // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2013. Т. 22, № 4. С. 5–13. EDN: RNGVTN
12. Никольская В. В. Физическая география Дальнего Востока. Владивосток: ДВГУ, 1977. 128 с.
13. Осипов С. В. О единой классификации природных и антропогенных ландшафтных комплексов // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 2. С. 322–336. DOI: 10.31857/S2587556623020073 EDN: KFTORX
14. Осипов С. В., Гуров А. А. Геоэкологические оценка и мониторинг территории: технология на основе ландшафтного картографирования антропогенных геокомплексов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2022. № 4. С. 631–651. DOI: 10.21638/spbu07.2022.405 EDN: JAEWSP
15. Осипов С. В., Гуров А. А. Детальное картографирование техногенных ландшафтов // География и природные ресурсы. 2016. № 1. С. 156–163. EDN: VOFLXF
16. Осипов С. В., Гуров А. А. Классификация географических фаций горнопромышленных территорий (на основе исследований в Дальневосточном регионе) // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 5. С. 91–103. DOI: 10.1134/S2587556618050102 EDN: VLVQOS
17. Осипов С. В., Гуров А. А. Ландшафтное картографирование антропогенных урочищ для оценки состояния и мониторинга территории Сихотэ-Алинского биосферного района // География и природные ресурсы. 2019. № 3. С. 41–48. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(41-48) EDN: TVFGUH
18. Осипов С. В., Ивакина Е. В. Растительный покров карьерно-отвалных комплексов в дальневосточных лесостепных ландшафтах // Ботанический журнал, 2016. Т. 101, № 1. С. 45–63. DOI: 10.1134/S000681361601004X EDN: VNECUP
19. Полохин О. В. Особенности формирования почвенного и растительного покрова техногенных ландшафтов Приморского края // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 307–314. EDN: SBKWSP
20. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах / Г. В. Ковалева, В. Т. Старожилов, А. М. Дербенцева [и др.]. Владивосток: Дальнаука, 2012. 159 с. ISBN: 978-5-8044-1212-9 EDN: VWKNNP
21. Пуртова Л. Н., Карпухина Н. М., Костенков Н. В., Верхолат В. П. Почвенно-растительный мониторинг на техногенных ландшафтах Приморья (на примере рекультивируемых участков угольных шахт) // Фундаментальные исследования. Биологические науки. 2013. № 11. С. 108–114. EDN: RQRUYZ
22. Родаева В. В. Самовосстановление растительного покрова на отвалах Ворошиловского шахтоуправления при добыче угля закрытым способом (г. Уссурийск) // Ритмы и катастрофы в растительном покрове Дальнего Востока. Владивосток, 2005. С. 274–284.
23. Саламатова Н. А., Плошко Г. С. Сравнительный анализ флористического состава сообществ на отвалах угольных разрезов «Приморскуголь» // Растения и промышленная среда. Екатеринбург: УОТКЗГУ, 1992. С. 78–94.
24. Синюткина А. А., Харанжевская Ю. А., Гаикова Л. П., Иванова Е. С., Кириллова М. Е. Современное состояние антропогенно нарушенных болот юга Томской области // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2025. № 1. С. 6–19. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-1-6-19 EDN: FBSWTO
25. Старожилов В. Т. Карта ландшафтов Приморского края: масштаб 1:1 000 000. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. 1 л.
26. Тарасенко И. А., Зиньков А. В. Экологические последствия минерально-геохимических преобразований хвостов обогащения SnAg-Pb-Zn руд (Приморье, Дальнегорский район). Владивосток: Дальнаука, 2001. 194 с.
27. Угольная база России / гл. ред. В. Ф. Череповский. М.: Геоинформмарк, 1997. Т. 5, Кн. 1. 376 с.
28. Южная часть Дальнего Востока / отв. ред. И. П. Герасимов. М.: Наука, 1969. 422 с.
29. Antwi E. K., Krawczynski R., Wiegleb G. Detecting the effect of disturbance on habitat diversity and land cover change in a post-mining area using GIS // Landscape and Urban Planning. 2008. Vol. 87. P. 22–32. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.03.009
30. Batisani N., Yarnal B. Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: spatial dynamics and landscape transformations // Applied Geography. 2009. Vol. 29, Iss. 2. P. 235–249. DOI: 10.1016/j.apgeog.2008.08.007
31. Brink A. B., Eva H. D. Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach // Applied Geography. 2009. Vol. 29, Iss. 4. P. 501–512. DOI: 10.1016/j.apgeog.2008.10.004 EDN: NAHUTF
32. Hendrychova M., Kabrna M. An analysis of 200-year-long changes in a landscape affected by large-scale surface coal mining: History, present and future // Applied Geography. 2016. Vol. 74. P. 151–159. DOI: 10.1016/j.apgeog.2016.07.009
33. Martín Duque J. F., Zapicoa I., Oyarzun R., López García J. A., Cubas P. A descriptive and quantitative approach regarding erosion and development of landforms on abandoned mine tailings: New insights and environmental implications from SE Spain // Geomorphology. 2015. Vol. 239. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.035

34. Wang X., Zheng D., Shen Y. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990–2000 // *Catena*. 2008. Vol. 72, Iss. 1. P. 56–66. DOI: 10.1016/j.catena.2007.04.003 EDN: MJWPBF
35. Yuan F., Sawaya K. E., Loeffelholz B., Bauer M. E. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing // *Remote Sensing of Environment*. 2005. Vol. 98, Iss. 2/3. P. 317–328. DOI: 10.1016/j.rse.2005.08.006

References

- Gurov A. A. Transformation of anthropogenic landscapes the Sikhote-Alin biosphere region, *Geography and Natural Resources*, 2023, no. 2, pp. 123–135. (In Russ.) DOI: 10.15372/GIPR20230213
- Gurov A. A., Osipov S. V., Ivakina E. V., Zharikova E. A., Starozhilov V. T. Landscape mapping of mining territories and their natural environment. *Vestnik of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2022. No. 2, Pp 47–59. (In Russ.) DOI: 10.17308/geo.2022.2/9310
- Derbentseva A. M., Chernovalova A. V., Semal V. A. *Prirodno-tehnogennyye pochvennyye kateny yugo-zapada Primor'ya* [Natural and technogenic soil catenas of the southwest of Primorye]. Vladivostok, DVFU, 2014. 84 p. (In Russ.)
- Zhouchkova V. K., Rakovskaja E. M. *Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy* [Natural environment – research methods]. Moscow, Akademiya, 2004. 311 p. (In Russ.)
- Zvereva V. P. *Ekologicheskie posledstviya gipergennykh protsessov na olovorudnykh mestorozhdeniyakh Dal'nego Vostoka* [Ecological consequences of hypergene processes at tin ore deposits of the Far East]. Vladivostok, Dal'nauka, 2008. 165 p. (In Russ.)
- Ivanov G. I. *Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka* [Soil formation in the southern Far East]. Moscow, Nauka, 1976. 200 p. (In Russ.)
- Ivashinnikov Yu. K. *Strukturno-geomorfologicheskie osobennosti stroeniya i raionirovaniya yuga Dal'nego Vostoka* [Structural and geomorphological features of the structure and zoning of the south of the Far East] in *Voprosy geografii i geomorfologii sovetskogo Dal'nego Vostoka*. Vladivostok, Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 1992. Pp. 108–132. (In Russ.)
- Ivashinnikov Yu. K. *Fizicheskaya geografiya Dal'nego Vostoka Rossii* [Physical geography of the Russian Far East]. Vladivostok, Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 1999, 324 p. (In Russ.)
- Isachenko A. G. *Prikladnoe landshaftovedenie* [Applied Landscape Science]. Part I. Leningrad: Izd-vo Leningr. universiteta, 1976. 150 p. (In Russ.)
- Isachenko G. A., Reznikov A. I. Landshafty Sankt-Peterburga: evolyutsiya, dinamika, raznoobrazie [Saint Petersburg landscapes: Their evolution, dynamics, and diversity]. *Biosfera*, 2014, vol. 6, no. 3, pp. 231–249. (In Russ.)
- Karpukhina N. V., Kiseleva V. V., Trifonova T. V. (2013) Ispol'zovanie GIS dlya otsenki tekhnogennoi dinamiki landshaftov Verkhne-Yauzskikh bolot [GIS used for evaluation of technogenic dynamics of landscapes of Upper Yauza wetlands]. *Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii*, 2013, vol. 22, no. 4, pp. 5–13. (In Russ.)
- Nikolskaya V. V. *Fizicheskaya geografiya Dal'nego Vostoka* [Physical geography of Far East]. Vladivostok, DVGU. 1977. 128 p. (In Russ.)
- Osipov S. V. About the Unified Classification of Natural and Anthropogenic Landscape Complexes. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2023, vol. 87, no. 2, pp. 322–336. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2587556623020073
- Osipov S. V., Gurov A. A. Geoecological assessment and monitoring of the territory: the technology based on landscape mapping of anthropogenic geocomplexes. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 2022, vol. 67, no 4, pp. 631–651. (In Russ.) DOI: 10.21638/spbu07.2022.405
- Osipov S. V., Gurov A. A. Detal'noe kartografirovaniye tekhnogennykh landshaftov [Detailed mapping of technogenic landscapes]. *Geography and Natural Resources*, 2016, no. 1, pp. 156–163. (In Russ.)
- Osipov S. V., Gurov A. A. Classification of geographical facies in mining areas: a case study of the Far Eastern region. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2018, no 5, pp. 91–103. (In Russ.) DOI: 10.1134/S2587556618050102
- Osipov S. V., Gurov A. A. Landscape mapping of anthropogenic meso-landscapes for assessment and monitoring of the territory (exemplified by the Sikhote-Alin biosphere region). *Geography and Natural Resources*, 2019, no. 3, pp. 41–48. (In Russ.) DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-3(41-48)
- Osipov S. V., Ivakina E. V. Vegetation cover of the pit-dump complexes in the Far Eastern forest-steppe landscapes. *Botanical Journal*, 2016, vol. 101, no. 1, pp. 45–63. (In Russ.) DOI: 10.1134/S000681361601004X
- Polokhin O. V. Osobennosti formirovaniya pochvennogo i rastitel'nogo pokrova tekhnogennykh landshaftov Primorskogo kraia [Features of formation soil and vegetation cover of technogenic landscapes of Primorsky territory]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 1, pp. 307–314. (In Russ.)
- Kovaleva G. V., Starozhilov, V. T., Derbentseva A. M., et al. (2012) *Pochvy i tekhnogennyye poverkhnostnyye obrazovaniya v gorodskikh landshaftakh* [Soils and technogenic surface formations in urban landscapes]. Vladivostok, Dal'nauka. 159 p. (In Russ.)
- Purtova L. N., Karpukhina N. M., Kostenkov N. V., Verkhohat V. P. Pochvenno-rastitel'nyi monitoring na tekhnogennykh landshaftakh Primor'ya (na primere rekul'tiviruemykh uchastkov ugol'nykh shakht) [Soil and plant monitoring in technogenic landscapes of Primorye (using the example of reclaimed areas of coal mines)]. *Fundamental'nye issledovaniya. Biologicheskie nauki*, 2013, no. 11. pp. 108–114. (In Russ.)
- Rodaeva V. V. Samovosstanovlenie rastitel'nogo pokrova na otvalakh Voroshilovskogo shakhtoupravleniya pri dobyche uglya zakrytym sposobom (g. Ussuriysk) [Self-restoration of vegetation cover on the dumps of the Voroshilovsky mine administration during coal mining by closed method (Ussuriysk)]. *Ritmy i katastrofy v rastitel'nom pokrove Dal'nego Vostoka*, Vladivostok, 2005, pp. 274–284. (In Russ.)
- Salamatova N. A., Ploshko G. S. (1992) Sravnitel'nyi analiz floristicheskogo sostava soobshchestva na otvalakh ugol'nykh razrezov «Primorskugol'» [Comparative analysis of the floristic composition of communities on the dumps of the Primorskugol coal mines]. *Rasteniya i promyshlennaya sreda*. Ekaterinburg: UOTKZGU, 1992, pp. 78–94. (In Russ.)
- Sinyutkina A. A., Kharanzhevskaya Yu. A., Gashkova L. P., Ivanova E. S., Kirillova M. E. (2025) The current state of anthropogenically disturbed mires in the south of the Tomsk region, *Geographical bulletin*, no. 1, pp. 6–19. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2025-1-6-19
- Starozhilov V. T. *Karta landshaftov Primorskogo kraia* [Map of Primorsky Krai landscapes]. 1:1 000 000. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevost. un-ta, 2009. (In Russ.)
- Tarasenko I. A., Zinkov. A. B. *Ekologicheskie posledstviya mineral'no-geokhimicheskikh preobrazovaniy khvostov obogashcheniya SnAg-Pb-Zn rud (Primor'e, Dal'negorskii raion)* [Ecological consequences of mineral-geochemical transformations of SnAg-Pb-Zn ore enrichment tailings (Primorye, Dalnegorsk district)]. Vladivostok, Dal'nauka, 2001, 194 p. (In Russ.)

27. *Ugol'naya baza Rossii* [Coal base of Russia]. Ed. by V. F. Cherepovskii. Vol. 5. Book 1. Moscow, Geoinformmark, 1997. 376 p. (In Russ.)
28. *Yuzhnaya chast' Dal'nego Vostoka* [Southern part of the Far East]. Ed. by I. P. Gerasimov. Moscow, Nauka, 1969. 422 p. (In Russ.)
29. Antwi E. K., Krawczynski R., Wiegleb G. Detecting the effect of disturbance on habitat diversity and land cover change in a post-mining area using GIS. *Landscape and Urban Planning*, 2008, vol. 87, pp. 22–32. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2008.03.009
30. Batisani N., Yarnal B. Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: spatial dynamics and landscape transformations, *Applied Geography*, 2009, vol. 29, iss. 2, pp. 235–249. DOI: 10.1016/j.apgeog.2008.08.007
31. Brink A. B., Eva H. D. 2009 Monitoring 25 years of land cover change dynamics in Africa: A sample based remote sensing approach. *Applied Geography*, 2009, vol. 29, iss. 4, pp. 501–512. DOI: 10.1016/j.apgeog.2008.10.004
32. Hendrychova M., Kabrna M. An analysis of 200-year-long changes in a landscape affected by large-scale surface coal mining: History, present and future. *Applied Geography*, 2016, vol. 74, pp. 151–159. DOI: 10.1016/j.apgeog.2016.07.009
33. Martín Duque J. F., Zapicoa I., Oyarzun R., López García J. A., Cubas P. A descriptive and quantitative approach regarding erosion and development of landforms on abandoned mine tailings: New insights and environmental implications from SE Spain, *Geomorphology*, 2015, vol. 239, pp. 1–16. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.02.035
34. Wang X., Zheng D., Shen Y. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990–2000, *Catena*, 2008, vol. 72, iss. 1, pp. 56–66. DOI: 10.1016/j.catena.2007.04.003
35. Yuan F., Sawaya K. E., Loeffelholz B., Bauer M.E. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 2005, vol. 98, iss. 2/3, pp. 317–328. DOI: 10.1016/j.rse.2005.08.006

Статья поступила в редакцию: 19.09.25, одобрена после рецензирования: 21.01.26, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 19 September 2025; approved after review: 21 January 2026; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Александр Анатольевич Гуров

Кандидат географических наук, научный сотрудник,
Тихоокеанский институт географии Дальневосточного
отделения Российской академии наук;
690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 7

e-mail: alexgurov1987@yandex.ru

Information about the authors

Alexander A. Gurov

Candidate of Geographical Sciences, Researcher,
Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of
the Russian Academy of Sciences;
7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

Сергей Владимирович Осипов

Доктор биологических наук,
главный научный сотрудник,
Тихоокеанский институт географии Дальневосточного
отделения Российской академии наук;
690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 7

e-mail: sv-osipov@yandex.ru

Sergei V. Osipov

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Pacific
Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the
Russian Academy of Sciences;
7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

Елена Владимировна Ивакина

Кандидат биологических наук, ведущий инженер,
Тихоокеанский институт географии Дальневосточного
отделения Российской академии наук;
690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 7

e-mail: celenn@rambler.ru,

Elena V. Ivakina

Candidate of Biological Sciences, Leading Engineer,
Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch,
Russian Academy of Sciences;
7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

Вклад авторов

Гуров А. А. – идея статьи, сбор материала, обработка материала, подготовка ГИС, написание текста статьи, создание иллюстраций, редактирование текста.

Осипов С. В. – идея статьи, доработка ландшафтной классификации, научное редактирование текста статьи.

Ивакина Е. В. – сбор материала, обработка материала, выявление сукцессионных серий растительного покрова, помощь в написании и редактировании текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Alexander A. Gurov – the idea of the article; material collection and processing; preparation of GIS; writing of the text; creation of illustrations; text editing.

Sergei V. Osipov – the idea of the article; revision of the landscape classification; scientific editing.

Elena V. Ivakina – material collection and processing; identification of successional series of vegetation cover; assistance in writing and editing the text of the article.

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

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 913:314.9

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-30-39

EDN: LNDIKA

ДИНАМИКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
ЭТНИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ХОРВАТИИ В ПОСТСОЦИАЛИСТИЧЕСКИЙ ПЕРИОДИван Андреевич Иванов¹, Дмитрий Дмитриевич Изотов², Андрей Геннадьевич Манаков³^{1, 2, 3} Псковский государственный университет, г. Псков, Россия¹ ii60@bk.ru, Scopus Author ID: 57223964932, ResearcherID: AAE-5808-2021, ORCID: 0000-0003-4453-2052, SPIN-код: 8009-1970² ekseptional1@gmail.com, ResearcherID: NWH-2477-2025, ORCID: 0009-0001-0226-9359, SPIN-код: 4614-7258³ region-psk@yandex.ru, Scopus Author ID: 7003929696, ResearcherID: C-9332-2018, ORCID: 0000-0002-3223-2688, SPIN-код: 5640-9652

Аннотация. Хорватия является примером страны, которая за короткое время сменила статус многонациональной республики на моноэтническое государство. Значительные изменения в этническом пространстве страны стали результатом вынужденных миграций населения в ходе сербско-хорватского вооруженного конфликта 1991–1995 гг. Целью статьи является выявление особенностей динамики территориальной структуры этнического пространства Хорватии за два периода: с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г. Новизна исследования связана с применением картографической методики, позволяющей структурировать этническое пространство по степени однородности/неоднородности составляющих его территориальных ячеек, а также проанализировать его динамику в межпереписные периоды. В целом этническое пространство Хорватии в течение обоих периодов характеризовалось ростом однородности, хотя в ряде территориальных ячеек отмечалась обратная тенденция. Уменьшение этнической однородности в 1990-е гг. произошло в общинах, где сербы в 1991 г. составляли большинство. В 1995 году значительная часть сербов покинула эти территории, что привело к росту доли хорватов. В период 2001–2021 годов в территориальной структуре этнического пространства Хорватии также выделяется несколько участков со снижением однородности, находящихся в основном в центральной части страны и Далмации. Но здесь причиной стало уменьшение доли хорватов. Нарастание этнической неоднородности происходило, во-первых, в результате более активного на фоне других этнических групп выезда хорватов на заработки в страны Евросоюза, во-вторых, по причине миграционного притока представителей других народов, особенно из стран Европы, в-третьих, из-за более высокого естественного прироста ряда народов, имеющих давнюю историю проживания в Хорватии (цыган, боснийцев, албанцев и др.).

Ключевые слова: Югославия, Хорватия, индекс этнической однородности, хорваты, сербы, вынужденные миграции

Для цитирования: Иванов И. А., Изотов Д. Д., Манаков А. Г. Динамика территориальной структуры этнического пространства Хорватии в постсоциалистический период // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 30–39. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-30-39 EDN: LNDIKA

ECONOMIC, SOCIAL, AND POLITICAL GEOGRAPHY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-30-39

EDN: LNDIKA

DYNAMICS OF THE TERRITORIAL STRUCTURE
OF THE ETHNIC SPACE OF CROATIA IN THE POST-SOCIALIST PERIODIvan A. Ivanov¹, Dmitry D. Izotov², Andrei G. Manakov³^{1, 2, 3} Pskov State University, Pskov, Russia¹ ii60@bk.ru, Scopus Author ID: 57223964932, ResearcherID: AAE-5808-2021, ORCID: 0000-0003-4453-2052, SPIN-code: 8009-1970² ekseptional1@gmail.com, ResearcherID: NWH-2477-2025, ORCID: 0009-0001-0226-9359, SPIN-code: 4614-7258³ region-psk@yandex.ru, Scopus Author ID: 7003929696, ResearcherID: C-9332-2018, ORCID: 0000-0002-3223-2688, SPIN-code: 5640-9652

© Иванов И. А., Изотов Д. Д., Манаков А. Г., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. Croatia is an example of a country that changed its status from a multinational republic to a mono-ethnic state within a short period of time. Significant changes in the country's ethnic space were the result of forced migrations of the population during the Serbo-Croatian armed conflict of 1991–1995. The aim of the article is to identify the features of the dynamics of the territorial structure of Croatia's ethnic space over two periods: from 1991 to 2001 and from 2001 to 2021. The novelty of the study lies in the use of a cartographic methodology that allows structuring the ethnic space according to the degree of homogeneity/heterogeneity of its constituent territorial cells, as well as analyzing its dynamics in the intercensal periods. In general, the ethnic space of Croatia was characterized by increasing homogeneity during both periods, although the opposite trend was noted in a number of territorial cells. A decrease in ethnic homogeneity in the 1990s occurred in communities where Serbs constituted the majority in 1991. In 1995, a significant portion of Serbs left these territories, which led to an increase in the share of Croats. For the period of 2001–2021, we have also identified several areas with a decrease in homogeneity, these mainly located in the central part of the country and Dalmatia. But in this case the reason was a decrease in the share of Croats. The increase in ethnic heterogeneity occurred, firstly, as a result of a more active, compared to other peoples, departure of Croats to work in the countries of the European Union, secondly, due to the migration influx of representatives of other peoples, especially from European countries, and thirdly, due to a higher natural population growth of a number of peoples with a long history of residence in Croatia (Gypsies, Bosnians, Albanians, etc.).

Keywords: Yugoslavia, Croatia, ethnic homogeneity index, Croats, Serbs, forced migrations

For citation: Ivanov I. A., Izotov D. D., Mananov A. G. Dynamics of the territorial structure of the ethnic space of Croatia in the post-socialist period. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 30–39. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-30-39 EDN: LNDIKA

Введение

Хорватия является примером страны, в которой за короткое время, а именно в течение первой половины 90-х гг. XX в. произошла радикальная перестройка этнического пространства. Из многонациональной республики, входящей в Югославскую федерацию, Хорватия превратилась в моноэтническое государство. Данный переход сопровождался вооруженным сербско-хорватским конфликтом, который продолжался с 1991 по 1995 г. В этот период на территории Хорватии, близ границы с Сербией и Боснией и Герцеговиной, существовала непризнанная Республика Сербская Краина. Эта республика прекратила свое существование в результате проведенных хорватской армией в 1995 г. операций «Молния» и «Буря». Только по официальным данным количество сербских беженцев за период военных действий составило 250 тыс. чел. [7; 17], но общее количество беженцев в результате вооруженного конфликта в Хорватии оценивается в 550 тыс. чел. [13].

Этническая история Хорватии в составе единой Югославии, процесс распада Югославии и сербско-хорватский вооруженный конфликт в Хорватии детально описаны в статьях [7; 13; 17]. Вопросы этнической и демографической динамики Хорватии в военный и послевоенный периоды подробно освещены в трудах сербских и хорватских авторов. Так, особое внимание уделено демографическим последствиям войны [30; 37], а также вынужденным (военным) миграциям [36]. Сокращение населения по регионам Хорватии в период с 1991 по 2011 г. рассмотрено в работе [39].

Этнодемографические вопросы, в первую очередь касающиеся сербского населения, освещены в публикациях [29; 38]. Демографическое развитие приграничного с Сербией Осиекско-Баранского региона Хорватии рассмотрено в статье [31]. Превращение сербов в этническое меньшинство в Хорватии после распада Югославии подняло проблему этнической самоидентификации сербского населения, и потому изучается вопрос политики идентичности при проведении переписей населения в Хорватии [32]. Интерес этнодемографов вызывают также различия в рождаемости разных этнических групп в стране [33]. Кроме сербов, в Хорватии имеются другие относительно крупные этнические группы (итальянцы, словенцы и др.), особенно в регионе Истрии, изучению которых посвящена работа [35].

Целью статьи является выявление особенностей динамики территориальной структуры этнического пространства Хорватии за два периода: с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г. Новизна исследования связана с применением картографической методики, позволяющей структурировать этническое пространство Хорватии по степени однородности/неоднородности составляющих его территориальных ячеек (на основе индекса этнической однородности), а также проанализировать его динамику в межпереписные периоды. Для апробации данной методики выбрана Хорватия как страна, характеризующаяся скоротечной трансформацией территориальной структуры этнического пространства.

Понятийный аппарат и инструментарий исследования

Ключевым понятием исследования является этническое пространство. Этническое пространство рассматривается как один из слоев геокультурного пространства [10]. Как и геокультурное пространство, этническое пространство имеет компонентную (которая определяется соотношением этнических групп) и территориальную структуру. Изучение этнического пространства вполне может основываться на научном инструментарии, используемом в работах, опирающихся на концепцию геокультурного пространства и производную от нее концепцию этноконтактных зон [10; 11; 22–24]. В частности, выделение в пределах

геокультурного пространства (точнее, его этнического слоя) и оценка степени выраженности этноконтактных зон (ЭКЗ) осуществляются на основе индекса этнической мозаичности, или индекса Эккеля [26].

Индекс этнической мозаичности (ИЭМ) позволяет оценить степень сложности этнической структуры населения территориальных ячеек любого иерархического уровня. В зарубежной науке данный показатель носит название «индекс этнической фракционализации» [27; 28]. Аналогично его называют и ряд отечественных экономистов [3; 4], заимствовавших этот показатель из работ зарубежных коллег. В ходе разработки концепции этноконтактных зон Н. К. Теренина [23; 24] предложила для изучения двуэтнических контактных зон (двухкомпонентных этнических систем) опираться на вариант ИЭМ, названный ей индексом этнической контактности (ИЭК). Расчет ИЭК за разные годы позволяет изучать динамику ЭКЗ, выделяя при этом их фазы развития [24].

В настоящее время накоплен значительный опыт картографирования ИЭМ и ИЭК, а также изменения данных показателей в межпереписные периоды. В первую очередь отметим исследования, где представлен опыт картографирования динамики ИЭМ и ИЭК на уровне регионов России по итогам переписей населения, начиная с 1897 и заканчивая 2021 г. [11; 22]. В данных работах используется такой картографический прием, как одновременное отображение на уровне регионов страны направленности изменения индекса и удельного веса русского населения. Последнее позволяет визуально разделять регионы как по нарастанию моноэтничности или полиэтничности, так и по увеличению или уменьшению доли русского населения.

Во-вторых, нужно упомянуть работы по картографированию ИЭМ на уровне регионов республик Центральной Азии по итогам национальных переписей населения по сравнению со Всесоюзной переписью 1989 г., благодаря чему были определены основные территориальные сдвиги в этническом пространстве данного макрорегиона в постсоветский период [14–16]. Картографирование ИЭМ здесь было совмещено с такой дополнительной характеристикой, как перевес доли титульного или нетитульного населения республик. В-третьих, следует обратить особое внимание на апробацию разных математико-картографических методов анализа этнического пространства, осуществляемую на уровне административных районов Республики Беларусь [20; 21]. В этих работах используются методики, основанные как на ИЭМ и ИЭК, так и на других показателях.

Кроме того, нужно отметить исследования разных авторов, использовавших ИЭМ для картографического анализа этнической структуры населения Республики Алтай [18], выделения компонентов территориальной структуры казахской геоэтнокультурной системы в Республике Казахстан [8], а также определения границ этноконтактных зон на территории Северного Кавказа [9], Республики Бурятия [6; 25] и др. Наконец, обратим внимание на применение ИЭМ при картографировании этнического пространства Крыма [1; 2; 5; 12; 19], являющегося одним из наиболее этнически мозаичных регионов России. Причем в статье, посвященной картографированию территориальных сдвигов в расселении основных народов Крыма с 1926 по 2014 г. [12], применен показатель, противоположный ИЭМ, а именно индекс этнической однородности (ИЭО). Как отмечают авторы публикации, переход к ИЭО связан с особенностями этнической географии Крыма, где более полиэтничными являются не города, расположенные преимущественно на южном побережье полуострова, а сельские районы, находящиеся в центральной и северной его частях. Если следовать правилам картографирования, то более интенсивную окраску должны иметь сельские районы с высоким ИЭМ, но более привычной является интенсивная окраска территорий городских поселений, что и позволяет в данном случае реализовать переход к использованию ИЭО.

На наш взгляд, именно ИЭО может помочь для определения главной характеристики этнического пространства – степени его однородности/неоднородности. Индекс этнической однородности рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЭО} = \sum(P_i)^2,$$

где P_i – доля представителей i -ой этнической группы ($i = 1, 2, \dots$) в границах определенной территориальной ячейки. Максимальное значение ИЭО равно единице. Это означает, что в границах данной территориальной ячейки проживают представители только одного этноса. Чем ниже значение ИЭО, тем более неоднородным является этническое пространство территориальных ячеек. Нами предложен вариант шкалы ИЭО, сопряженный с наиболее часто используемыми шкалами ИЭМ. Этническое пространство предлагается считать: 1) крайне однородным при ИЭО более 0,9; 2) относительно однородным при ИЭО от 0,8 до 0,9; 3) относительно неоднородным при ИЭО от 0,6 до 0,8; 4) неоднородным при ИЭО от 0,4 до 0,6; 5) крайне неоднородным при ИЭО менее 0,4.

Материалы и методы

В качестве информационной базы исследования выступает этническая статистика по итогам общегославской переписи населения 1991 г. и двух национальных переписей населения Хорватии, проведенных в 2001 и 2021 гг. Данная статистика представлена на сайте Population statistics of Eastern Europe & former USSR [34].

Индекс этнической однородности был рассчитан на уровне общин и городов Хорватии в границах 1991 г. Тогда в Хорватии выделялось 102 общины и города. С 1992 года было введено новое административно-территориальное деление Хорватии, на верхнем уровне которого выделяется 21 регион (20 жупаний и один

город-жупания). Количество общин (муниципалитетов) было увеличено более чем в 5,5 раз. В итогах переписи населения 2001 г. обозначено 562 общины и города, в 2021 г. – 572. Данные муниципалитеты были привязаны к границам общин и городов по состоянию на 1991 г., и уже в границах этих территориальных ячеек была рассчитана величина индекса этнической однородности на 1991, 2001, 2021 гг., а также динамика ИЭО и численности населения между переписями 1991, 2001, 2021 гг.

В статье представлены составленные авторами картосхемы: 1) с величиной ИЭО и перевесом хорватов, сербов или других народов (в сумме) на 1991 и 2021 гг.; 2) динамикой численности населения по двум временным интервалам: с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г.; 3) динамика ИЭО по двум временным интервалам: с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г. Картографический прием, когда одновременно отображается величина ИЭО и перевес одной из этнических групп, позволил снять необходимость демонстрировать картограммы с удельным весом хорватов и сербов. Аналогичную функцию выполняет картосхема с динамикой ИЭО, которая заменяет две картосхемы с динамикой удельного веса хорватского и сербского населения. При этом картосхемы с величиной и динамикой ИЭО в полной мере решают поставленные исследователями аналитические и демонстрационные задачи.

Результаты исследования

Национальный состав населения Хорватии по итогам общегославской переписи 1991 г. был следующим: хорваты составляли 78,1 %, сербы – 12,2 %, другие народы – 9,7 % (в т.ч. 2,2 % – югословены). К 2001 году доля хорватов выросла до 91,7 %, а к 2021 г. – до 92,8 % от указавших свою национальность, при этом доля сербов уменьшилась до 3,2 %. То есть Хорватия за это время превратилась из многонациональной республики в моноэтническое государство, причем, как отмечено выше, данный переход пришелся преимущественно на первую половину 1990-х гг.

На картосхеме, где отображен ИЭО за 1991 г. (рис. 1, слева), виден перевес сербов в общинах, приграничных с Боснией и Герцеговиной. Эти общины образуют Книнскую Краину, которая стала основной территорией Республики Сербской Краины, созданной в ответ на объявление независимости Хорватии в 1991 г. Также в Сербскую Краину вошли еще две группы общин, где было смешанное сербско-хорватское население: Западная Славония (где только в одной из общин был перевес сербского населения) и Восточная Славония (близ границы с Сербией, в общинах которой был небольшой перевес хорватского населения).

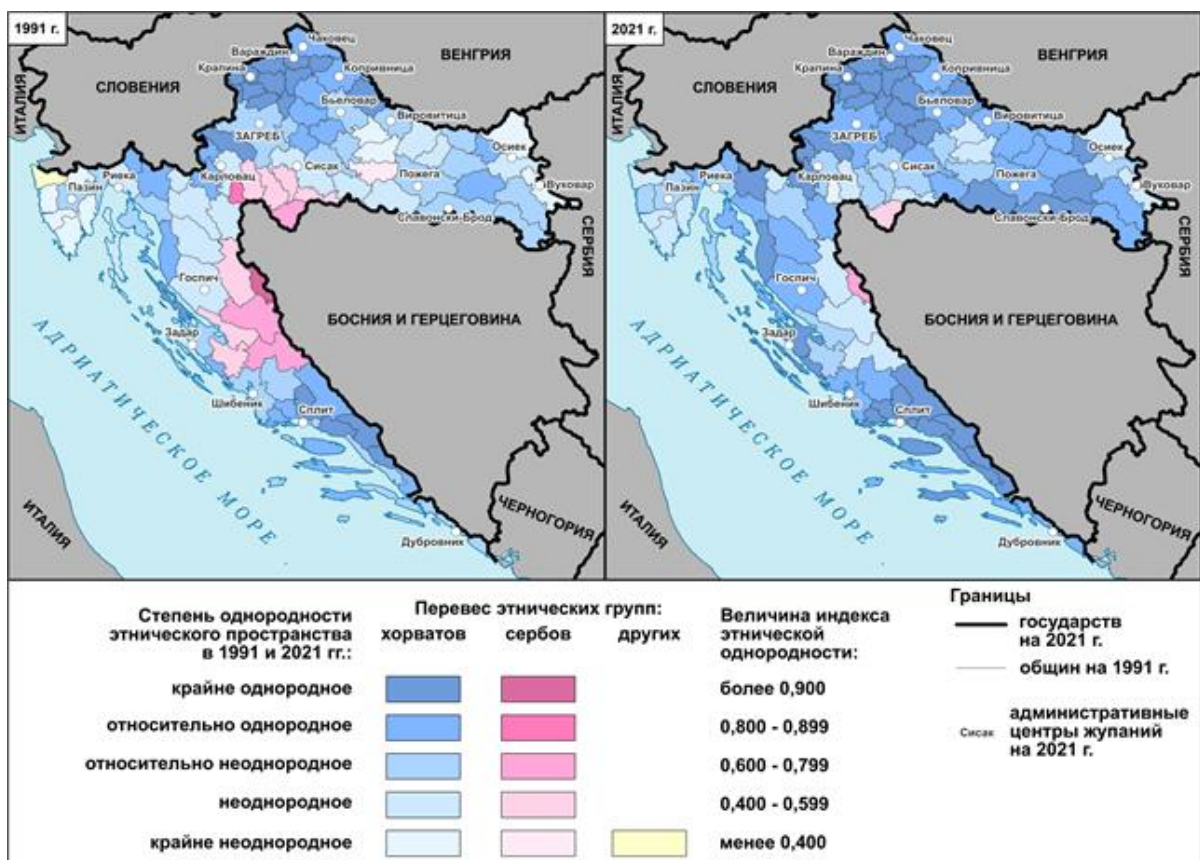


Рис. 1. Величина индекса этнической однородности общин и городов Хорватии в 1991 и 2021 гг. (в границах общин на 1991 г.) (рассчитано авторами по [34])

Fig. 1. The ethnic homogeneity index of the municipalities and cities in Croatia in 1991 and 2021 (within the boundaries of the municipalities in 1991) (calculated by the authors according to [34])

В 2021 году осталось лишь две территориальные ячейки (в границах общин и городов на 1991 г.), где сохранился перевес сербского населения (рис. 1, справа). Также сравнительный анализ ИЭО за 1991 и 2021 гг. (в границах общин на 1991 г.) позволяет сделать вывод, что повысилась этническая однородность территориальных ячеек почти на всей территории Хорватии. При этом наименьшую этническую однородность пока сохраняют территории бывшей Сербской Краины (но уже с перевесом хорватского населения, кроме двух отмеченных случаев). Также заметно выросла этническая однородность в регионе Истрии (на побережье Адриатического моря к юго-западу от Словении), и там исчезли территории с перевесом нехорватского населения.

Визуальное сравнение ИЭО территориальных ячеек за 1991 и 2021 гг. дает лишь общее представление об изменении территориальной структуры этнического пространства Хорватии за прошедший период, при этом больше информации для осуществления анализа предоставляют картосхемы, где отображена динамика ИЭО за интервалы между переписями населения. Но важной составляющей предлагаемой авторами методики является анализ динамики численности населения в пределах рассматриваемых территориальных ячеек, выступающей в качестве важного фактора изменения этнической структуры населения в них. Картосхемы с динамикой численности населения позволяют определить территории со значительным миграционным оттоком (или притоком) населения, т.к. региональные различия в естественном движении населения обычно менее ярко выражены.

На рисунке 2 представлены картосхемы с динамикой численности населения территориальных ячеек (в границах общин и городов Хорватии на 1991 г.) за межпереписной интервал с 1991 по 2001 г. (слева) и между переписями 2001 и 2021 гг. (справа). С 1991 по 2001 год население Хорватии уменьшилось с 4 млн 784 тыс. чел. до 4 млн 437 тыс. чел., т.е. на 347 тыс. чел. В 2021 году население Хорватии составляло уже 3 млн 872 тыс. чел., сократившись еще на 565 тыс. чел. В первые два десятилетия XXI в. главной причиной падения численности населения Хорватии являлся миграционный отток в страны Евросоюза, т.е. преобладали не вынужденные, а трудовые миграции.

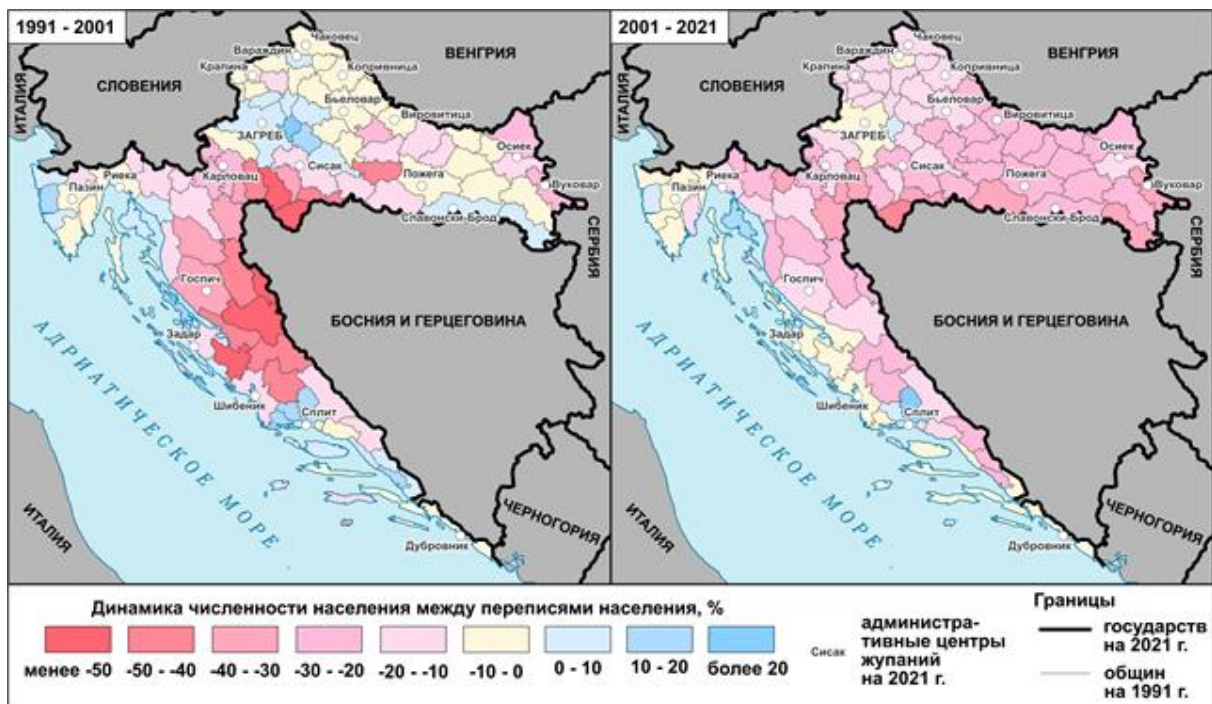


Рис. 2. Динамика численности населения (в границах общин и городов Хорватии на 1991 г.) с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г. (рассчитано авторами по [34])

Fig. 2. Population dynamics (within the boundaries of the municipalities and cities of Croatia in 1991) from 1991 to 2001 and from 2001 to 2021 (calculated by the authors according to [34])

На картосхеме с динамикой численности населения с 1991 по 2001 г. можно видеть, что максимальный отток населения пришелся на земли бывшей Республики Сербской Краины и территории, прилегающие к основной зоне сербско-хорватского вооруженного конфликта. Количество сербов (вместе с югословенцами, большая часть которых после распада Югославии приняла сербскую идентичность) в этот период уменьшилось с 687,7 до 201,6 тыс. чел., т.е. на 486,1 тыс. чел., или в 3,4 раза. Миграционным притяжением в этот период характеризовались территории, окружающие столицу Хорватии, а также некоторые участки побережья Адриатического моря (в Истрии и Далмации). Можно отметить также принимавшие мигрантов (и, вероятно, беженцев из Западной и Восточной Славонии) земли на юге Славонии, примыкающие с севера к границе с Боснией и Герцеговиной.

Картосхема, где отображена динамика численности населения между 2001 и 2021 гг., свидетельствует об относительно равномерном сокращении населения на территории Хорватии в этот период. Единичные островки притяжения мигрантов в пределах страны находились на побережье Адриатического моря и в окрестностях Загреба. При этом полуостров Истрия и Далматинское побережье Адриатики в целом характеризовались минимальным сокращением населения. Но наибольший миграционный отток по-прежнему приходился на территории бывшей Сербской Краины, откуда продолжался выезд сербского населения (количество сербов в Хорватии в этот период уменьшилось с 201,6 до 123,9 тыс. чел., т.е. почти на 40 %).

На рисунке 3 можно проследить динамику индекса этнической однородности на территории Хорватии между переписями населения 1991 и 2001 гг. (слева), 2001 и 2021 гг. (справа). В целом этническое пространство страны в течение обоих периодов характеризовалось ростом однородности, хотя в ряде территориальных ячеек отмечалась обратная тенденция. Снижение этнической однородности в период с 1991 по 2001 г. произошло в общинах, составляющих ядро Книнской Краины. Здесь в 1991 году сербы занимали лидирующую позицию в этнической структуре населения, но в 1991–1995 гг. большая их часть покинула эти земли, что привело к росту доли хорватов. На соседних территориях, которые также входили до 1995 г. в состав непризнанной Республики Сербской Краины, но с изначально смешанным сербско-хорватским населением, произошел значительный рост этнической однородности, объясняемый резким увеличением удельного веса хорватов и превращением их здесь в доминирующую этническую группу.

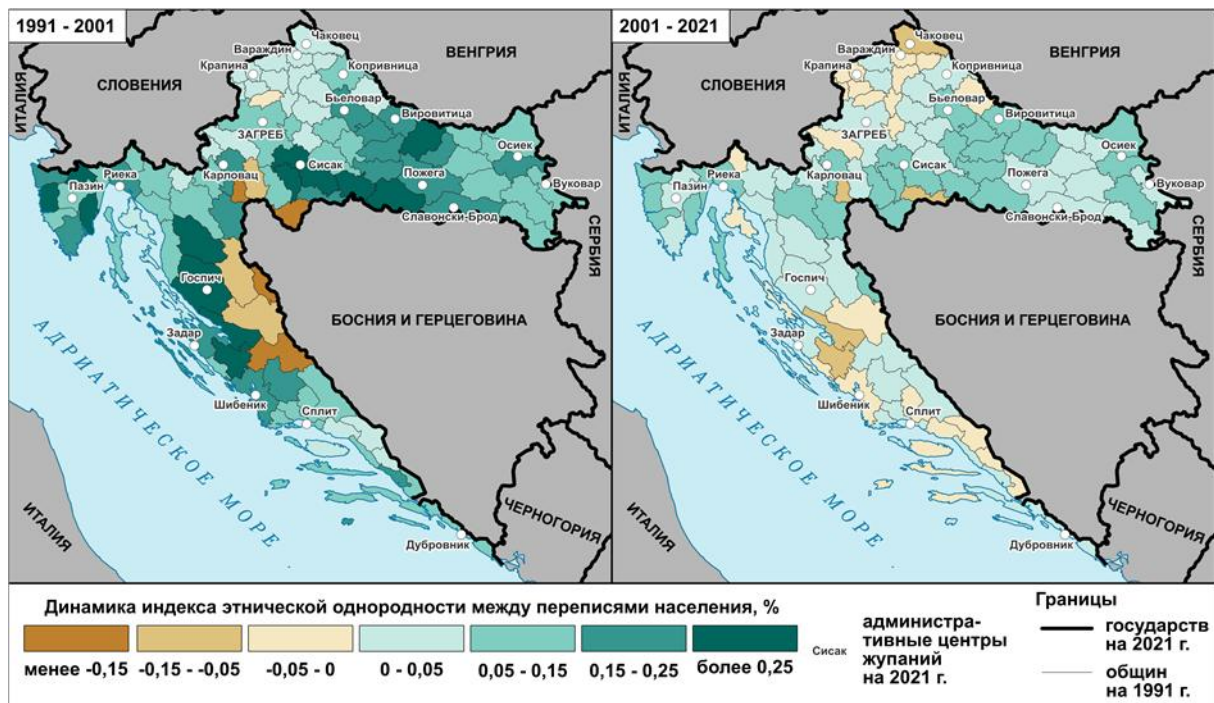


Рис. 3. Динамика индекса этнической однородности (в границах общин и городов Хорватии на 1991 г.) с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г. (рассчитано авторами по [34])

Fig. 3. Dynamics of the ethnic homogeneity index (within the boundaries of the municipalities and cities of Croatia in 1991) from 1991 to 2001 and from 2001 to 2021 (calculated by the authors according to [34])

Также нужно обратить внимание на более высокий по сравнению с другими территориями страны рост этнической однородности региона Истрия, где в 1991 г. была высока доля итальянцев и словенцев, но к 2021 г. в этнической структуре населения заметно вырос удельный вес хорватов. Последнее, как и повышение ИЭО на остальной территории страны, скорее всего, связано с проведением политики идентичности в пользу титульного этноса Хорватии. Рост однородности этнического пространства Хорватии в период с 2001 по 2021 г. был не таким значительным, как в период с 1991 по 2001 г., на который пришелся отток основной массы сербского населения. При этом в первые два десятилетия XXI в. обозначилось несколько «островков» со снижением ИЭО, находящихся в основном в центральной части страны и Далмации.

Наращение этнической неоднородности на обозначенных территориях было следствием уменьшения доли хорватов, которое происходило, как показали результаты нашего анализа, в двух основных случаях. Во-первых, в результате более активного на фоне других этнических групп выезда хорватов на заработки в страны Евросоюза, подготовка вступления в который велась с 2003 г., при этом в 2013 г. Хорватия стала его полноправным членом. Во-вторых, в случае миграционного притока или более высокой рождаемости представителей других народов. В частности, согласно исследованиям хорватских ученых, более высокой рождаемостью в Хорватии характеризуются такие этнические группы, как цыгане, албанцы и боснийцы [33].

Например, в Задарской жупании в Далмации наблюдался рост численности сербов, боснийцев, албанцев, немцев и ряда других народов, в основном выходцев из европейских стран. А, к примеру, в Меджимурской жупании, примыкающей к границам со Словенией и Венгрией, наиболее заметно выросла численность и, соответственно, доля цыган.

Выводы

Хорватия является примером страны, в которой за короткое время произошла радикальная перестройка этнического пространства, вызванная главным образом последствиями сербско-хорватского вооруженного конфликта первой половины 1990-х гг. Хорватия за последнее десятилетие XX в. прошла путь от многонациональной республики, входящей в Югославскую федерацию, до моноэтнического государства. В целом за рассматриваемый в статье период между переписями населения 1991 и 2021 гг. доля хорватов выросла с 78,1 до 92,8 %. Доля сербов, основная часть которых покинула территорию Хорватии в годы конфликта (1991–1995 гг.), с 1991 по 2021 г. уменьшилась с 12,2 до 3,2 %.

Сравнение динамики этнического пространства Хорватии на протяжении двух периодов (с 1991 по 2001 г. и с 2001 по 2021 г.) позволяет сделать следующие выводы. В целом этническое пространство страны в течение обоих периодов характеризуется ростом однородности, хотя в ряде территориальных ячеек отмечалась обратная тенденция. Уменьшение этнической однородности в период с 1991 по 2001 г. произошло в общинах, составляющих ядро непризнанной Республики Сербской Краины, где сербы в 1991 г. составляли большинство населения. В 1991–1995 годы большая часть сербов покинула эти земли, вследствие чего выросла доля хорватов. При этом на соседних территориях с изначально смешанным сербско-хорватским населением наблюдался максимальный рост этнической однородности, что объясняется здесь скачкообразным увеличением доли хорватов и превращением их в доминирующую этническую группу.

В период между переписями населения 2001 и 2021 гг. в территориальной структуре этнического пространства Хорватии происходили менее значительные изменения, чем в последнем десятилетии XX в. Но также следует отметить наличие нескольких участков территории со снижением этнической однородности, причиной чего являлось уменьшение доли хорватов. Данные территории находятся в основном в центральной части страны и Далмации. Нарастание этнической неоднородности здесь происходило по следующим причинам. Во-первых, это был результат более активного на фоне других народов выезда хорватов на заработки в страны Евросоюза, куда Хорватия вошла в 2013 г. Во-вторых, снижение доли хорватов происходило также и по причине миграционного притока представителей других народов, особенно выходцев из некоторых стран Европы. В качестве третьей причины выступает более высокий естественный прирост ряда народов, имеющих давнюю историю проживания в Хорватии, в частности цыган, боснийцев, албанцев и др.

Библиографический список

1. Атлас социокультурных процессов в Крыму. Карты / Н. И. Борисова, С. А. Гуров, Е. А. Дудник [и др.]. Симферополь: Ариал, 2021. 196 с. ISBN: 978-5-907438-95-8 EDN: EWNVBF
2. Буряк Ж. А., Полетаев А. О., Магомедсаидова А. М. Пространственный анализ этнического состава Крыма в 1926 году с использованием ГИС-моделирования // Псковский регионологический журнал. 2023. Т. 19, № 2. С. 114–127. DOI: 10.37490/S221979310025077-7 EDN: СВABPM
3. Буфетова А. Н., Коломак Е. А., Михалева М. М. Национальное разнообразие и экономическое развитие регионов России // Мир экономики и управления. 2017. Т. 17, № 3. С. 143–157. DOI: 10.25205/2542-0429-2017-17-3-143-157 EDN: ZDMQCB
4. Васильева Р. И., Рожина Е. А. Эконометрическое моделирование влияния этнического разнообразия на экономическую диверсификацию: анализ регионов России // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 4. С. 663–684. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.4.023 EDN: PXUWSY
5. Воронин И. Н., Сикач К. Ю., Сазонова Г. В., Швец А. Б. Картографирование трансформационных процессов в этнодемографическом пространстве Крыма // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 4. С. 273–291. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-273-291 EDN: YEIIZH
6. Герасименко Т. И., Болхосоева Е. Б., Котомина М. А. Бурятия как этноконтактная зона // География и природные ресурсы. 2025. Т. 46, № 2. С. 124–134. DOI: 10.15372/GIPR20250212 EDN: VQBLTO
7. Демьянович Ю. Э. Реинтеграции Хорватии // Universum: общественные науки: электронный научный журнал. 2021. № 11–12(79). DOI: 10.32743/UniSoc.2021.79.11-12.12775 EDN: INPYZG
8. Искалиев Д. Ж., Герасименко Т. И., Терещенко Т. А. Основные тенденции этнической трансформации городского населения Казахстана // Город и люди: пространство и время: сборник статей Международной конференции. М.: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2023. С. 331–341. EDN: JVCZJ
9. Лысенко А. В., Водопьянова Д. С., Азанов Д. С. Этноконтактные зоны Северного Кавказа // Вестник Ставропольского государственного университета. 2011. № 3. С. 165–170. EDN: NYEPIR
10. Манаков А. Г. Геокультурное пространство северо-запада Русской равнины: динамика, структура, иерархия. Псков: Центр «Возрождение» при содействии ОЦНТ, 2002. 300 с.
11. Манаков А. Г., Андреев А. А., Иванов И. А., Павлова К. В. Картографирование этнической динамики по регионам России в межпереписные периоды с 1897 по 1959 гг. // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2023. Т. 16, № 4. С. 70–81. EDN: FEENUW
12. Манаков А. Г., Вампилова Л. Б., Лисецкий Ф. Н., Буряк Ж. А. Картографический анализ сдвигов в расселении основных народов Крыма с 1926 по 2014 гг. // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2023. Т. 29, № 2. С. 121–136. DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-121-136 EDN: AWOKYD

13. Млечко М. Республика Сербская Краина – единственная возможность существования сербского населения на территории Хорватии в результате распада СФРЮ // Государства Центральной и Восточной Европы в исторической перспективе: сборник научных статей по материалам третьей международной научной конференции. Пинск: Полесский государственный университет, 2018. С. 187–193. EDN: ZBVACD
14. Николаева Е. Д. Изменение этнической структуры населения стран Центральной Азии в постсоветский период // Псковский регионологический журнал. 2024. Т. 20, № 1. С. 77–90. DOI: 10.37490/S221979310029485-6 EDN: NVDGYI
15. Николаева Е. Д. Изменения в этническом пространстве Туркменистана в постсоветский период (по итогам переписей населения 1989 и 2022 гг.) // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2025. Т. 18, № 1. С. 41–52. EDN: RPGAAW
16. Николаева Е. Д., Иванов И. А. Региональные различия в динамике этнической структуры населения стран Центральной Азии в постсоветский период // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2024. Т. 20, № 2. С. 89–101. EDN: BQUJWJ
17. Ношковић С. С. Детальный анализ распада Социалистической Федеративной Республики Югославия // Вестник Владимирского юридического института. 2008. № 2(7). С. 280–286. EDN: KXAEVL
18. Рыгалов Е. В., Пронина Е. В. Картографический анализ этнической структуры населения Республики Алтай // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6, № 3. С. 260–267. EDN: EFFWDA
19. Сикач К. Ю., Швеиц А. Б. Картографирование этнического пространства Крыма // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5(15), № 3. С. 211–222. EDN: OZMASH
20. Соколов А. С. Математико-картографические методы оценки этнической неоднородности (на примере Белоруссии) // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2025. Т. 18, № 1. С. 53–75. EDN: ZRPPPF
21. Соколов А. С., Иванов И. А. Пространственный анализ и картографирование этнической неоднородности Белоруссии // Псковский регионологический журнал. 2024. Т. 20, № 3. С. 40–68. DOI: 10.37490/S221979310031446-3 EDN: MULKKPDOI: 10.37490/S221979310031446-3
22. Теренина Н. К. Динамика этнической неоднородности регионов России с 1959 по 2021 г. // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3(70). С. 38–48. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48 EDN: AYUUAOG
23. Теренина Н. К. Индекс этнической контактности как инструмент изучения территорий со смешанным национальным составом населения // Псковский регионологический журнал. 2022. Т. 18, № 1. С. 101–116. DOI: 10.37490/S221979310018427-2 EDN: HROEXR
24. Теренина Н. К. Фазы развития этноконтактных зон: от зарождения до растворения // Исторический подход в географии и геоэкологии: материалы VII Международной научно-образовательной конференции по исторической географии, Санкт-Петербург, 21–23 сентября 2023 года / отв. ред. Л. Б. Вампилова. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2023. С. 741–744. EDN: SAMWBK
25. Шитиков Ф. В. Географические особенности этноконфессиональной ситуации на территории Республики Бурятия // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2015. Т. 11. С. 141–148. EDN: TJBBWH
26. Эккель Б. М. Определение индекса мозаичности национального состава республик, краев и областей СССР // Советская этнография. 1976. № 2. С. 33–39.
27. Campos N., Saleh A., Kuzeyev V. Dynamic Ethnic Fractionalization and Economic Growth // Journal of International Trade and Economic. 2011. Vol. 20. P. 129–152.
28. Churchill S. A. Income and Ethnic Fractionalisation: Evidence from British Microdata // Economic Issues. 2019. Vol. 24. P. 1. P. 21–34.
29. Đurđev B. S., Livada S., Arsenović D. The disappearance of Serbs in Croatia // Zbornik Matice srpske za društvene nauke. 2014. No. 148. P. 583–591. DOI: 10.2298/zmsdn1448583d
30. Gelo J. The Impact of War on Changes of Demographic Structures in Croatia // Društvena istraživanja: časopis za opća društvena pitanja. 1999. No. 8(5–6(43–44)). P. 735–749.
31. Josifov N., Sedlak M., Krstić F. Demographic tendencies in the Serbia-Croatia border region: A case study of the Zapadnobačka and Osiječko-baranjska region // Book of abstracts of the International Scientific Conference “Population in Post-Yugoslav Countries: (Dis) Similarities and Perspectives”. Belgrade: Institute of Social Sciences, 2024. P. 77. DOI: 10.59954/PPYCDSP2024.44
32. Kudra Beroš V., Klempić Bogadi S. Population censuses and identity politics in the Republic of Croatia // Southeast European and Black Sea Studies. 2024. P. 1–21. DOI: 10.1080/14683857.2024.2435126
33. Pavić D. Natalitet etničkih skupina u Hrvatskoj od 1998 do 2008 // Migracijske i etničke teme. 2013. No. 29(1). P. 39–62. DOI: 10.11567/met.29.1.2
34. Population statistics of Eastern Europe & former USSR. URL: <http://pop-stat.mashke.org> (дата обращения: 20.07.2025)
35. Valenta M., Gregurović S. Ethnic groups and a dynamic of boundary making among co-ethnics: An experience from Croatian Istria // Ethnicities. 2015. No. 15(3). P. 414–439. DOI: 10.1177/1468796814529551
36. Živić D. Prisilne (ratne) migracije kao čimbenik demografskih promjena u Hrvatskoj (1991–2011) // Demografija u Hrvatskoj. 2014. P. 297–317.
37. Živić D., Pokos N. Demografski gubitci tijekom domovinskog rata kao odrednica depopulacije Hrvatske (1991–2001) // Društvena istraživanja: časopis za opća društvena pitanja. 2004. No. 13(4–5(72–73)). P. 727–750.
38. Živić D., Pokos N., Šimunić N. Ethnic Croats in Serbia and ethnic Serbs in Croatia: demographic similarities and differences – selected aspects // Stanovništvo. 2024. No. 62(S1). P. 131–152. DOI: 10.59954/stmv.624
39. Živić D., Turk I., Pokos N. Regionalni aspekti depopulacije Hrvatske (1991–2011) // Mostariensia: časopis za društvene i humanističke znanosti. 2014. No. 18(1–2). P. 231–251.

References

1. Borisova N. I., Gurov S. A., Dudnik E. A. et al. *Atlas sotsiokul'turnykh protsessov v Krymu. Karty* [Atlas of socio-cultural processes in the Crimea. Maps]. Simferopol, Publishing house Typography “ARIAL”, 2021. 196 p. (in Russ.)
2. Buryak Zh. A., Poletaev A. O., Magomedsaidova A. M. (2023), Spatial analysis of the ethnic composition of the Crimea in 1926 using GIS modeling. *Pskov Journal of Regional Studies*, vol. 19, no. 2, pp. 114–127. (In Russ.). DOI: 10.37490/S221979310025077-7

3. Bufetova A. N., Kolomak E. A., Mikhaleva M. M. National Diversity and Economic Development in Russian Regions. *World of Economics and Management*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 143–157 doi: 10.25205/2542-0429-2017-17-3-143-157 (in Russian)
4. Vasilyeva R. I., Rozhina E. A. Econometric Modeling of the Impact of Ethnic Diversity on Economic Diversification: Analysis of Russian Regions. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, vol. 21, no. 4, pp. 663–684. (in Russ.) DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.4.023
5. Voronin I. N., Sikach K. Yu., Sazonova G. V., Shvets A. B. Mapping of transformation processes in the ethnodemographic space of the Crimea. InterCarto. InterGIS. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2021. Vol. 27. Part 4. Pp. 273–291. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-273-291
6. Gerasimenko T. I., Bolhosoeva E. B., Kotomina M. A. Buryatia as an ethnocontact zone, *Geography and natural resources*, 2025, vol. 46, no. 2, pp. 124–134. (In Russ.) DOI: 10.15372/GIPR20250212
7. Demyanovich Yu. (2021) Reintegration in Croatia, *Universum: social sciences: electronic, Scientific journal*, no. 11–12(79). (In Russ.) DOI: 10.32743/UniSoc.2021.79.11-12.12775
8. Iskaliev D. Zh., Gerasimenko T. I., Tereshchenko T. A. Osnovnye tendentsii etnicheskoi transformatsii gorodskogo naseleniya Kazakhstana [Main Trends of Ethnic Transformation of the Urban Population of Kazakhstan]. In *Gorod i lyudi: prostranstvo i vremya: Sbornik statei Mezhdunarodnoi konferentsii. M.: Moskovskii gosudarstvennyi universitet imeni M.V. Lomonosova*, 2023, pp. 331–341. (In Russ.)
9. Lysenko A. V., Vodop'yanova D. S., Azanov D. S. Etnokontaktnye zony Severnogo Kavkaza [Ethnic-contact zones of the North Caucasus]. *Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 3, pp. 165–170. (In Russ.)
10. Manakov A. G. (2002) *Geokul'turnoe prostranstvo severo-zapada Russkoi ravniny: dinamika, struktura, ierarkhiyarsiteta* [Geocultural space of the northwest of the Russian Plain: dynamics, structure, hierarchy], Pskov: Tsentr «Vozrozhdenie» pri sodeistvii OTSNT, 2002, 300 p. (In Russ.)
11. Manakov A. G., Andreev A. A., Ivanov I. A., Pavlova K. V. Mapping ethnic dynamics by regions of Russia during intercensus periods from 1897 to 1959, *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki*, 2023, vol. 16, no. 4, pp. 70–81. (in Russian)
12. Manakov A. G., Vampilova L. B., Lisetskii F. N., Buryak Z. A. Cartographic analysis of shifts in the settlement of the main peoples of the Crimea from 1926 to 2014. InterCarto. InterGIS. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2023, vol. 29, no. 2, pp. 121–136. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-121-136 (In Russ.)
13. Mlečko M. Republika Serbskaya Kraina – edinstvennaya vozmozhnost' sushchestvovaniya serbskogo naseleniya na territorii Khorvatii v rezul'tate raspada SFRYU [Republic of Serbian Krajina – the only possibility for the existence of the Serbian population on the territory of Croatia as a result of the collapse of the SFRY]. In *Gosudarstva Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy v istoricheskoi perspektive. Sbornik nauchnykh statei po materialam tret'ei mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Pinsk: Poleskii gosudarstvennyi universitet*, 2018, pp. 187–193. (In Russ.)
14. Nikolaeva E. D. Changes in the ethnic structure of the population of Central Asia countries in the post-Soviet period, *Pskov Journal of Regional Studies*, 2024, vol. 20, no. 1, pp. 77–90. (In Russ.) DOI: 10.37490/S221979310029485-6
15. Nikolaeva E. D. Izmeneniya v etnicheskom prostranstve Turkmenistana v postsovetskii period (po itogam perepisei naseleniya 1989 i 2022 gg.) [Changes in the ethnic space of Turkmenistan in the post-Soviet period (based on the results of the population censuses of 1989 and 2022)]. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki*, vol. 18, no. 1, pp. 41–52. (In Russ.)
16. Nikolaeva E. D., Ivanov I. A. Regional differences in the dynamics of the ethnic structure of the population of Central Asian countries in the post-Soviet period. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, 2024, vol. 20, no. 2, pp. 89–101. (In Russ.)
17. Novikov S. S. Detal'nyi analiz raspada Sotsialisticheskoi Federativnoi Respubliki Yugoslaviya [Detailed analysis of the collapse of the Socialist Federal Republic of Yugoslavia]. *Vestnik Vladimirskogo yuridicheskogo instituta*, 2008, no. 2(7), pp. 280–286. (In Russ.)
18. Rygalov E. V., Pronina E. V. Cartographic analysis of the ethnic structure of the Altai Republic population, *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, 2020, vol. 6, no. 3, pp. 260–267. (In Russ.)
19. Sikach K. YU., Shvets A. B. Kartografirovaniye etnicheskogo prostranstva Kryma [Mapping of the ethnic space of Crimea]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, vol. 5(15), no. 3, pp. 211–222. (In Russ.)
20. Sokolov A. S. Matematiko-kartograficheskie metody otsenki etnicheskoi neodnorodnosti (na primere Belorussii) [Mathematic and cartographic methods of ethnic heterogeneity assessment (on the example of Belarus)]. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 53–75. (In Russ.)
21. Sokolov A. S., Ivanov I. A. Spatial analysis and mapping the ethnic heterogeneity of Belarus. *Pskov Journal of Regional Studies*, 2024, vol. 20, no. 3, pp. 40–68. (In Russ.) (In Russ.) DOI: 10.37490/S221979310031446-3
22. Terenina N. K. Dynamics of ethnic heterogeneity in Russian regions from 1959 to 2021. *Geographical Bulletin*, 2024, no. 3(70), pp. 38–48. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48
23. Terenina N. K. Ethnic contact index as a tool for studying territories with a mixed national composition of the population. *Pskov Journal of Regional Studies*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 101–116. (In Russ.) DOI: 10.37490/S221979310018427-2
24. Terenina N. K. Fazy razvitiya etnokontaktnykh zon: ot zarozhdeniya do rastvoreniya [Phases of development of ethnocontact zones: from origin to dissolution]. In *Istoricheskii podkhod v geografii i geoekologii: Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-obrazovatel'noi konferentsii po istoricheskoi geografii, Sankt-Peterburg, 21–23 sentyabrya 2023 goda*. Ed. by L. B. Vampilova. Petrozavodsk: Petrozavodskii gosudarstvennyi universitet, 2023, pp. 741–744. (In Russ.)
25. Shitikov F.V. Geograficheskie osobennosti etnokontsional'noi situatsii na territorii Respubliki Buryatiya [Geographic Specifics of Ethno-Confessional Situation in the Republic of Buryatia]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*, 2015, vol. 11, pp. 141–148. (In Russ.)
26. Ekkel' B. M. Opredeleniye indeksa mozaichnosti natsional'nogo sostava respublik, kraev i oblastei SSSR [Determination of the mosaic index of the national composition of the republics, territories and regions of the USSR], *Sovetskaya etnografiya*, 1976, no. 2, pp. 33–39. (In Russ.)
27. Campos N., Saleh A., Kuzeyev V. Dynamic Ethnic Fractionalization and Economic Growth, *Journal of International Trade and Economic*, 2011, vol. 20, pp. 129–152.
28. Churchill S.A. Income and Ethnic Fractionalisation: Evidence from British Microdata, *Economic Issues*, 2019, vol. 24, part 1, pp. 21–34.

29. Đurđev B. S., Livada S., Arsenović D. () The disappearance of Serbs in Croatia, *Zbornik Matice srpske za društvene nauke*, 2014, no. 148, pp. 583–591. DOI: 10.2298/zmsdn1448583d
30. Gelo J. The Impact of War on Changes of Demographic Structures in Croatia, *Društvena istraživanja: časopis za opća društvena pitanja*, 1999, no. 8(5–6(43–44)), pp. 735–749.
31. Josifov N., Sedlak M., Krstić F. Demographic tendencies in the Serbia-Croatia border region: A case study of the Zapadnobačka and Osiječko-baranjska region, *Book of abstracts of the International Scientific Conference "Population in Post-Yugoslav Countries: (Dis) Similarities and Perspectives"*, Belgrade, Institute of Social Sciences, 2024, p. 77. DOI: 10.59954/PPYCDSP2024.44
32. Kudra Beroš V., Klempić Bogadi S. Population censuses and identity politics in the Republic of Croatia, *Southeast European and Black Sea Studies*, 2024, pp. 1–21. DOI: 10.1080/14683857.2024.2435126
33. Pavić D. Birthrates of Ethnic Groups in Croatia from 1998 to 2008, *Migration and Ethnic Topics*, 2013, no. 29(1), pp. 39–62. (In Croatian). DOI: 10.11567/met.29.1.2
34. Population statistics of Eastern Europe & former USSR. URL: <http://pop-stat.mashke.org> (Accessed 20 July 2025)
35. Valenta M., Gregurović S. Ethnic groups and a dynamic of boundary making among co-ethnics: An experience from Croatian Istria, *Ethnicities*, 2015, no. 15(3), pp. 414–439. DOI: 10.1177/1468796814529551
36. Živić D. Forced (war) migrations as a factor of demographic changes in Croatia (1991–2011), *Demography in Croatia*, 2014, pp. 297–317. (In Croatian)
37. Živić D., Pokos N. Demographic losses during the Homeland War as a determinant of the depopulation of Croatia (1991–2001), *Social Research: Journal of General Social Issues*, 2004, no. 13(4–5(72–73)), pp. 727–750. (In Croatian)
38. Živić D., Pokos N., Šimunić N. (2024) Ethnic Croats in Serbia and ethnic Serbs in Croatia: demographic similarities and differences – selected aspects, *Stanovništvo*, no. 62(S1), S131–S152. doi: 10.59954/stnv.624
39. Živić D., Turk I., Pokos N. Regional aspects of the depopulation of Croatia (1991–2011), *Mostariensia: Journal of Social and Human Sciences*, 2014, no. 18(1–2), pp. 231–251. (In Croatian)

Статья поступила в редакцию: 26.07.25, одобрена после рецензирования: 25.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 26 July 2025; approved after review: 25 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Иван Андреевич Иванов

Кандидат географических наук,
старший преподаватель кафедры географии,
младший научный сотрудник научно-
исследовательской лаборатории кроссрегиональных
и трансграничных исследований,
Псковский государственный университет;
180000, Россия, Псков, пл. Ленина, 2

Information about the authors

Ivan A. Ivanov

Candidate of Geographical Sciences,
Senior Lecturer in the Department of Geography,
Junior Researcher at the Research Laboratory
of Cross-Regional and Transborder Studies,
Pskov State University;
2, ploshchad Lenina, Pskov, 180000, Russia

e-mail: ii60@bk.ru

Дмитрий Дмитриевич Изотов

Аспирант кафедры географии,
Псковский государственный университет;
180000, Россия, Псков, пл. Ленина, 2

Dmitry D. Izotov

Postgraduate Student, Department of Geography,
Pskov State University;
2, ploshchad Lenina, Pskov, 180000, Russia

e-mail: 2eksectional1@gmail.com

Андрей Геннадьевич Манаков

Доктор географических наук,
профессор кафедры географии,
Псковский государственный университет;
180000, Россия, Псков, пл. Ленина, 2

Andrei G. Manakov

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Department of Geography, Pskov State University;
2, ploshchad Lenina, Pskov, 180000, Russia

e-mail: region-psk@yandex.ru

Вклад авторов

Иванов И. А. – сбор материала, обработка материала, подготовка карт, описание инструментария, написание методической части статьи, картографический анализ результатов.

Изотов Д. Д. – подготовка библиографии, написание введения, обсуждение результатов исследования, выводы.

Манаков А. Г. – описание понятийного аппарата, оформление статьи, научное редактирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ivan A. Ivanov – material collection and processing; preparation of maps; description of the tools employed; writing of the methodological part of the article; cartographic analysis of the results.

Dmitry D. Izotov – preparation of bibliography; writing of the introduction; discussion of the study results; conclusions.

Andrei G. Manakov – description of the conceptual apparatus; design of the article; scientific editing.

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



Научная статья

УДК [911.3+2-67] (630)

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-40-50

EDN: JGCTNV

ГОРОДСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РЕЛИГИОЗНОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЭФИОПИИ**Иван Андреевич Захаров¹, Алина Евгеньевна Захарова²**¹ Институт Африки Российской академии наук, г. Москва, Россия^{1,2} Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Россия¹ vanszax@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3838-169X² alina.zax@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8586-3993

Аннотация. Статья нацелена на уточнение закономерностей развития религиозной конкуренции на микроуровне конфессионального геопространства на примере городов Эфиопии по материалам переписей населения. Авторы с некоторыми дополнениями повторяют методологические подходы, использованные нашими предшественниками для глобальных городов и важнейших городов Индии, в основе которых лежит расчет модифицированного индекса религиозной мозаичности (индекс Горохова). Такая преемственность позволила определить, что глобальные закономерности в общем виде повторяются и в Эфиопии, однако имеют страновую специфику. Так, людность эфиопских городов, так же как и в случае глобальных городов, не влияет на их религиозную мозаичность, однако линейной зависимости этого показателя от ранга в нашем случае не выявлено. Обнаружено «нестандартное» распределение городов по уровню их религиозной мозаичности – для Эфиопии почти для трети городов она оказалась ниже регионального уровня, хотя для Индии и глобальных городов это было нехарактерно. Определена практически повсеместная тенденция сокращения разрыва в уровне религиозной мозаичности между городами и регионами Эфиопии, что указывает на распространение религиозной конкуренции на новые территориальные уровни, которое в одних случаях происходило от города к селу, а в других – от села к городу. На примере регионов Амхара, Тыграй, Сомали дополнена закономерность о взаимосвязи между уровнем религиозной мозаичности с особенностями развития религиозной конкуренции – при укреплении позиций доминирующей религии уровень религиозной мозаичности городов снижается в связи с вытеснением религиозных меньшинств. Специфика Эфиопии объясняется авторами, во-первых, относительно низкой в сравнении с глобальными городами привлекательностью эфиопских городов для инокультурных мигрантов, слабым развитием процессов урбанизации, особенностями условий религиозной конкуренции, во-вторых, тем, что Эфиопия проходит фазу религиозного паритета, отличающуюся высокими значениями индекса Горохова и интенсивной религиозной конкуренцией.

Ключевые слова: религиозная конкуренция, города, религиозная мозаичность, Эфиопия, конфессиональное геопространство

Финансирование. Статья подготовлена в рамках выполнения Государственного задания ИАФР РАН и ИГ РАН. Анализ статистических данных осуществляется в рамках темы ГЗ № 1024031300209-5-5.6.1 (FMZE-2025-0012), сбор и обработка данных – в рамках темы ГЗ № 124032900015-3 (FMWS-2024-0008).

Для цитирования: Захаров И. А., Захарова А. Е. Городское измерение религиозной конкуренции на примере Эфиопии // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 40–50. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-40-50 EDN: JGCTNV

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-40-50

EDN: JGCTNV

URBAN DIMENSION OF RELIGIOUS COMPETITION IN ETHIOPIA**Ivan A. Zakharov¹, Alina E. Zakharova²**¹ Institute for African Studies of the RAS, Moscow, Russia^{1,2} Institute of Geography of the RAS, Moscow, Russia¹ vanszax@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-3838-169X² alina.zax@mail.ru, ORCID: 0009-0001-8586-3993

© Захаров И. А., Захарова А. Е., 2026

Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. The article aims to clarify the patterns of the religious competition development at the micro-level of confessional geospace, which is done using the example of Ethiopian cities based on population census data. With certain modifications, the authors replicate methodological approaches previously applied to global cities and the key cities of India, which are grounded in the calculation of the modified index of religious diversity (Gorokhov Index). This research continuity made it possible to establish that global patterns are, in general, repeated in Ethiopia, but exhibit country-specific features. The study has shown that population size in Ethiopian cities, as in the case of global cities, does not affect their religious diversity; however, no linear dependence of this indicator on the urban rank has been found. The study has revealed an “unconventional” distribution of the cities by the level of their religious diversity: for almost one third of Ethiopian cities, it was found to be lower than the regional level, which is not typical for India and global cities. There has been noted a nearly universal trend of decreasing differences in the level of religious diversity between Ethiopian cities and regions, this indicating the spread of religious competition to new territorial levels: in some cases – from city to the countryside, in the others – vice versa. The established relationship between the level of religious diversity and the development of religious competition has been complemented using the examples of the Amhara, Tigray, and Somali regions: when the dominant religion strengthens its position, the religious diversity in cities decreases due to the displacement of religious minorities. The authors explain the specificity of Ethiopia, firstly, by the relatively low attractiveness of its cities to migrants belonging to other cultures in comparison with global cities, the weak development of urbanization processes, and the particular conditions of religious competition; secondly, by the fact that Ethiopia is undergoing a phase of religious parity, characterized by extremely high values of the Gorokhov Index and intensive religious competition.

Keywords: religious competition, cities, confessional fractalization, religious diversity, Ethiopia, confessional geospace

Funding. This research was carried out as part of the state assignment undertaken by the Institute for African Studies of the Russian Academy of Sciences and the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. Statistical data analysis was performed under state assignment project No. 1024031300209-5-5.6.1 (FMZE-2025-0012), data collection and processing were conducted under state assignment project No. 124032900015-3 (FMWS-2024-0008).

For citation: Zakharov I. A., Zakharova A. E. Urban dimension of religious competition in Ethiopia. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 40–50. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-40-50 EDN: JGCTNV

Введение

Города имеют принципиальное значение для развития религиозных организаций в силу их социально-экономического и политического веса, а также центрального положения в системе расселения [6; 11]. Благодаря этому города становятся привлекательным полигоном для работы религиозных организаций и одновременно плацдармом для дальнейшего расширения их миссионерского поля. Все это закономерно приводит к интенсификации религиозной конкуренции, которая еще более усиливается в условиях стремительной урбанизации, характерной для стран Африки.

Несмотря на значимость городов для развития конфессионального геопространства, городское измерение религиозной конкуренции достаточно редко попадает в поле зрения географов. Ярким исключением здесь выступает докторская диссертация С. А. Горохова, опубликованная в виде монографии [1; 2], в которой обозначенная проблематика рассматривается на примере глобальных городов и наиболее значимых городов Индии. В частности, в этой работе было определено несколько важных закономерностей развития религиозной конкуренции на микроуровне конфессионального геопространства:

1) Уровень религиозной мозаичности практически не зависит от людности глобальных городов, однако с ростом их ранга, обусловленным увеличением набора функций и экономической значимости, интенсивность религиозной конкуренции в них в целом повышается;

2) Религиозная мозаичность населения глобальных городов оказалась выше по сравнению с таковой в соответствующей стране или АТЕ;

3) Выявлена взаимосвязь между уровнем религиозной мозаичности с особенностями религиозной конкуренции: в тех случаях, когда доминирующая религия (в случае Индии – индуизм) замещалась активнее, значения уровня религиозной мозаичности городов и соответствующих штатов сближались, а там, где она сохраняла свои позиции, уровень религиозной мозаичности городов превышал таковой для штата. Исходя из второго сценария, пространственный механизм замещения индуизма другими религиями соответствовал логике иерархической диффузии – от крупных городов к малым и затем к сельской местности [2, с. 132, 137–138, 245–246].

Значимость указанных закономерностей видится в том, что они позволяют прогнозировать развитие конфессионального пространства определенной территории исходя из динамики уровня религиозной мозаичности в городах. Тем не менее С. А. Горохов в своих работах рассматривал только глобальные города и города Индии, что определяет необходимость проверки установленных им закономерностей на примере других территориальных полигонов и городов меньшего размера. В настоящей статье эта задача реализуется на примере Эфиопии. Ее выбор определяется тем, что религиозная конкуренция между христианством (православием и протестантизмом), исламом и этнорелигиями протекает здесь крайне интенсивно [7], усложняясь межэтническими противоречиями [9] и активизацией роста городов, который наблюдается в последние несколько десятилетий.

Материалы и методы исследования

Основные принципы изучения религиозной конкуренции на разных территориальных уровнях, в том числе на уровне городов, были заложены С. А. Гороховым в рамках докторской диссертации [2]. Им рассмотрена выборка из 125 глобальных городов (2010 г.), из них только 6 расположены в континентальной Африке, а также 71 наиболее значимого города Индии (2011 г.), к числу которых отнесены города-миллионеры, столицы штатов и союзных территорий, крупнейшие по людности города АТЕ, если они не являются их столицами. Для анализа использовался разработанный автором же модифицированный индекс религиозной мозаичности, который для краткости мы предлагаем называть индексом Горохова (ИГ):

$$\text{ИГ} = \frac{1 - \sum_{i=1}^m \pi_i^2}{1 - 1/m},$$

где m – количество конфессий,

π – доля i -ой конфессии в конфессиональной структуре соответствующей территории.

Данный индекс позволяет оценить уровень религиозной мозаичности определенной территории. Для повышения информативности индекса используются следующие интервалы значений ИГ: 0,000–0,280 – для крайне гомогенных территорий, 0,281–0,556 – относительно гомогенных, 0,557–0,820 – относительно гетерогенных, 0,821–1,000 – крайне гетерогенных.

Предлагаемый С. А. Гороховым инструментарий применяется нами к Эфиопии с тем отличием, что, во-первых, мы рассматриваем города с меньшей численностью населения, не являющиеся глобальными городами, во-вторых, религиозная мозаичность рассматривается нами в динамике. Последнее позволило определить тенденции изменения религиозной мозаичности на разных территориальных уровнях, прежде всего городов и регионов. С этой целью производилось сравнение полученных средних значений индекса Горохова между корреспондирующими территориальным ячейкам (городам и регионам, в которых они расположены), что позволило идентифицировать увеличение или сокращение разрыва между ними.

В выборку вошло 58 городов, информация о конфессиональной структуре населения которых содержится в переписях населения 1994 и 2007 гг. [17]. Для проведения расчетов города Эфиопии были разделены в соответствии с классификацией городских поселений В. Г. Давидовича и Б. С. Хорева [13, с. 150] на пять рангов по численности населения: 1-й – более 1000 тыс., 2-й – 250–1000 тыс., 3-й – 100–250 тыс., 4-й – 50–100 тыс., 5-й – до 50 тыс. В силу роста численности городов в рассматриваемый период их выборка по рангам отличалась: если в 1994 г. рассматривалось 47 городов 5-го ранга, то в 2007 г. – только 38, соответственно, размер выборки по 4-му рангу увеличился с 6 до 9, по 3-му – с 2 до 8, оставшиеся 2-й и 1-й ранг не изменились – 2 и 1 соответственно. Также отдельно была рассмотрена группа городов, которые являлись региональными столицами. Это представляется необходимым не только для избежания перехода городов в другую группу по людности из-за изменения численности их населения в 1994–2007 гг., но и для оценки роли статуса городов в изменении религиозной мозаичности.

Для определения зависимости между размером городов и уровнем религиозной мозаичности используется линейная регрессия, которая проведена для городов в целом, региональным столицам, а также для 3-го, 4-го и 5-го рангов городов; по остальным рангам расчеты не проводились в силу размера выборки. С этой целью был произведен подбор аппроксимирующих функций (линейной, логарифмической, полиномиальной, степенной и экспоненциальной), которые позволили бы наиболее адекватно описать данную взаимосвязь. Кроме этого, индекс Горохова был рассчитан по регионам и Эфиопии в целом. В компонентной структуре конфессионального пространства страны рассматривались христианство, ислам, этнорелигии и «другие религии».

Результаты

Полученные результаты демонстрируют, что большинство моделей нельзя считать адекватными для описания данной зависимости (табл. 1). Так, для большинства уравнений регрессии коэффициенты детерминации (R^2) приняли низкие значения, а для разных групп городов «победителями» оказались разные модели, что указывает на сложный и неоднородный характер связи. При этом если для группы всех городов исключение из расчетов г. Аддис-Абеба, численность которого в 8 раз больше второго по величине города страны Ауассы (регион Сидама), не повлияло на результаты анализа, то для группы региональных столиц это привело к повышению репрезентативности модели, хотя R^2 все равно сохранил относительно низкие значения.

По отдельным рангам городов, судя по значениям R^2 , некоторые модели представляются более адекватными. Так, в 1994 г. для малых городов увеличение численности города на 10 тыс. чел. сопровождается небольшим уменьшением значения индекса Горохова – примерно на 0,009. R^2 хоть и принимает низкое значение (0,132), но все же мы получаем основание говорить о слабой линейной зависимости между рассматриваемыми показателями для этого ранга городов. Умеренная полиномиальная зависимость ($R^2 = 0,356$) обнаружена для городов 50–100 тыс. чел. в 2007 г. – максимальное значение индекса Горохова наблюдалось в городах с населением около 83 тыс. чел., снижаясь как в меньших, так и в больших по численности городах данной категории. На общем фоне выделяются города численностью 100–250 тыс. чел.: в 1994 г. ожидаемо в силу небольшой выборки выявлена практически идеальная линейная связь между размером города и религиозной мозаичностью. В 2007 г. наблюдалась умеренная линейная зависимость между размером городов этого ранга и

уровнем религиозной мозаичности, однако значение R^2 резко снизилось до 0,301 (табл. 1). Тем не менее смена типа аппроксимирующей функции по группам городов и годам, резкие колебания значений R^2 и низкая информативность графиков свидетельствуют о том, что выявленные в отдельных группах взаимосвязи носят скорее случайный характер.

Таблица 1

Table 1

Зависимость уровня религиозной мозаичности городов Эфиопии от численности их населения, 1994–2007 гг.
The relationship between the population size and religious diversity in Ethiopian cities (1994–2007)

Группы городов	Год	Победившая модель*	Уравнение регрессии	R^2
Все города	1994	степенная	$y = 0,8637x^{0,072}$	0,020
	2007	линейная	$y = 4 \times 10^{-8}x + 0,488$	0,002
Столицы регионов (без Аддис-Абебы)	1994	полиномиальная	$y = -6 \times 10^{-14}x^2 + 10^{-7}x + 0,524$	0,047
	2007	полиномиальная	$y = -5 \times 10^{-14}x^2 + 2 \times 10^{-7}x + 0,464$	0,132
До 50 тыс. чел	1994	линейная	$y = -9 \times 10^{-6}x + 0,702$	0,155
	2007	линейная	$y = -3 \times 10^{-7}x + 0,515$	0,001
50–100 тыс. чел	1994	полиномиальная	$y = 10^{-10}x^2 - 2 \times 10^{-5}x + 1,183$	0,035
	2007	полиномиальная	$y = -6 \times 10^{-10}x^2 + 0,0001x - 3,914$	0,356
100–250 тыс. чел	1994	линейная	$y = 3 \times 10^{-6}x + 0,243$	0,998
	2007	линейная	$y = -3 \times 10^{-6}x + 1,191$	0,301

* При $R^2 < 0,150$ ни одна из моделей не может считаться адекватной для описания зависимости. Рассчитано и составлено авторами по [17]

* With $R^2 < 0,150$ none of the models can be considered adequate to describe the dependence. Calculated and compiled by the authors based on [17]

В городах Эфиопии зависимость между их рангом и средним значением индекса Горохова оказалась нелинейной (табл. 2). В частности, в 1994 г. для 1-го ранга городов его значение было ниже, хотя для остальных рангов обозначенная закономерность все же повторялась – чем выше ранг города, тем выше средний уровень религиозной мозаичности. Тем не менее в 2007 г. эта закономерность была нарушена и в городах 4-го ранга, для которого значение индекса Горохова резко сократилось.

Вместе с этим значения и динамика данного индекса, рассчитанного для столиц регионов и всех городов из выборки, практически совпадали – разница между ними составила всего 0,013 д. ед. в 1994 г. и 0,009 д. ед. в 2007 г. (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Динамика средних значений индекса Горохова в городах Эфиопии, 1994–2007 гг.
Dynamics of the average values of the modified religious diversity index (Gorokhov Index) in Ethiopian cities, 1994–2007

Размер городов, тыс. чел.	Индекс Горохова, д.ед.			
	1994	2007	Разница, 1994–2007 гг.	
			д. ед.	%
более 1000	0,466	0,572	0,106	22,7
250–1000	0,599	0,620	0,021	3,5
100–250	0,574	0,604	0,030	5,2
50–100	0,563	0,299	-0,264	-46,9
до 50	0,502	0,506	0,005	0,9
Все города	0,514	0,493	-0,021	-4,1
Столицы регионов	0,527	0,502	-0,025	-4,7

Рассчитано и составлено авторами по [17]

Calculated and compiled by the authors based on [17]

Интенсивность религиозной конкуренции в Эфиопии в целом оказалась значительно выше, чем в городах. Так, если страна в целом являлась «относительно гетерогенной» по уровню религиозной мозаичности, то города были «относительно гомогенными». Тем не менее в 1994–2007 гг. разрыв между ними сократился с 0,177 до 0,135 д. ед. (табл. 3).

При этом между регионами Эфиопии сохранились серьезные различия как по уровню религиозной мозаичности, так и по его динамике. Сопоставление значений индекса Горохова для городов и соответствующих регионов Эфиопии позволило разделить последние на две группы:

Первая группа представлена регионами Амхара, Гамбела, Оромия, а также Регионом наций, национальностей и народов юга (РНННЮ), где распространение религиозной конкуренции шло из сельской местности в города. На это указывают как историко-географические данные [23; 24], так и динамика индекса Горохова, которая в 1994 г. в городах была значительно ниже, чем в регионе в целом. Такая ситуация сохранилась

во всех этих регионах за исключением РНННЮ, где тем не менее превышение значений данного индекса для региона над городами было незначительно – всего 0,003 д. ед.

Вторая группа включает Афар, Бенишангуль-Гумуз, Сомали и Тыграй. В этих регионах города, отличающиеся более высокой религиозной мозаичностью, выступали плацдармами распространения религиозной конкуренции в сельскую местность.

В оставшихся городских регионах по понятным причинам различий между городом и регионом практически не фиксировалось, однако, учитывая их анклавное положение по отношению к Оромии, представляется допустимым отнести Аддис-Абебу к первому типу, а Дыре-Дауа и Харари – ко второму.

Проведенные расчеты указывают на практически повсеместное сокращение разрыва между регионом и городом – в 1994–2007 гг. разница значений индекса Горохова для них в целом снизилась, а в некоторых случаях стала почти незаметной (табл. 3). Исключением здесь выступает регион Амхара, где за рассматриваемый период этот разрыв увеличился на 0,110 – с 0,021 до 0,121 д. ед. При этом для первой группы регионов причины сокращения разрыва различались – в Гамбела произошло резкое падение значений индекса Горохова на уровне региона, в Оромии при общем увеличении религиозной мозаичности наблюдался ее более быстрый рост в городах, в РНННЮ, наоборот, при общем снижении религиозной мозаичности более быстрое падение происходило на уровне региона. В то же время во второй группе регионов, в Бенишангуль-Гумуз, Сомали, Тыграй, сокращение разрыва между городами и регионом обеспечивалось снижением религиозной мозаичности в городах.

Таблица 3
Table 3

Динамика средних значений индекса Горохова
по городам и соответствующим регионам Эфиопии, 1994–2007 гг.
Dynamics of the average values of the modified religious diversity index (Gorokhov Index)
for Ethiopian cities and corresponding regions, 1994–2007

Регион	Индекс Горохова по городам, д. ед.			Индекс Горохова по регионам, д. ед.			Разрыв в значениях Индекс Горохова между регионом и городом*, д. ед.		
	1994	2007	1994–2007	1994	2007	1994–2007	1994	2007	1994–2007
Аддис-Абеба	0,466	0,572	0,106	0,466	0,572	0,106	-0,263	-0,233	0,029
Амхара	0,583	0,451	-0,132	0,604	0,572	-0,032	0,021	0,121	0,101
Бенишангуль-Гумуз	0,952	0,934	-0,018	0,826	0,851	0,025	-0,126	-0,083	0,043
Гамбела	0,365	0,237	-0,128	0,615	0,241	-0,374	0,25	0,004	-0,246
Дыре-Дауа	0,936	0,830	0,106	0,934	0,828	0,106	-0,207	-0,024	0,182
Оромия	0,526	0,611	0,085	0,729	0,806	0,077	0,203	0,195	-0,009
Сомали	0,244	0,177	-0,067	0,047	0,062	0,015	-0,196	-0,114	0,082
Тыграй	0,404	0,317	-0,087	0,161	0,153	-0,008	-0,243	-0,164	0,079
Харари	0,963	0,858	-0,105	0,963	0,858	-0,105	-0,234	-0,052	0,181
Афар	–	–	–	0,165	0,235	0,070	–	–	–
РНННЮ**	0,561	0,497	-0,064	0,693	0,494	-0,199	0,133	-0,004	-0,136
Сидама	0,262	0,410	0,148	–	–	–	–	–	–
Центральная Эфиопия	0,909	1,000	0,091	–	–	–	–	–	–
Юго-Западная Эфиопия	0,527	0,443	-0,084	–	–	–	–	–	–
Южная Эфиопия	0,567	0,396	-0,171	–	–	–	–	–	–
Всего	0,505	0,488	-0,017	0,681	0,653	-0,028	0,176	0,165	-0,011

*Для Аддис-Абебы, Дыре-Дауа и Харари разрыв оценивается относительно региона Оромия.

** В 2020 г. из РНННЮ выделился регион Сидама, в 2023 г. – Юго-Западная и Южная Эфиопия, а оставшаяся территория получила название Центральная Эфиопия.

Рассчитано и составлено автором по: [17]

*For Addis Ababa, Dire Dawa, and Harare, the gap is estimated relative to the Oromia region.

** In 2020 the Sidama region separated from the SNNPR, and in 2023 Southwestern and Southern Ethiopia separated, while the remaining territory was renamed Central Ethiopia.

Calculated and compiled by the author based on: [17]

Обозначенные тенденции наблюдаются и в динамике распределения городов по величине индекса Горохова относительно региона (рис.). Это нашло свое выражение в увеличении числа городов, уровень религиозной мозаичности которых совпадал с таковым для региона, – с 16 до 22 в 1994–2007 гг., а их удельный вес увеличился с 27,6 до 37,9 %. В то же время число городов, где данный показатель был выше или ниже по сравнению с регионом, уменьшилось – с 19 до 17 %. и с 23 до 19 %, их доля соответственно снизилась – с 32,8 до 29,3 % и с 39,7 до 32,7 %.

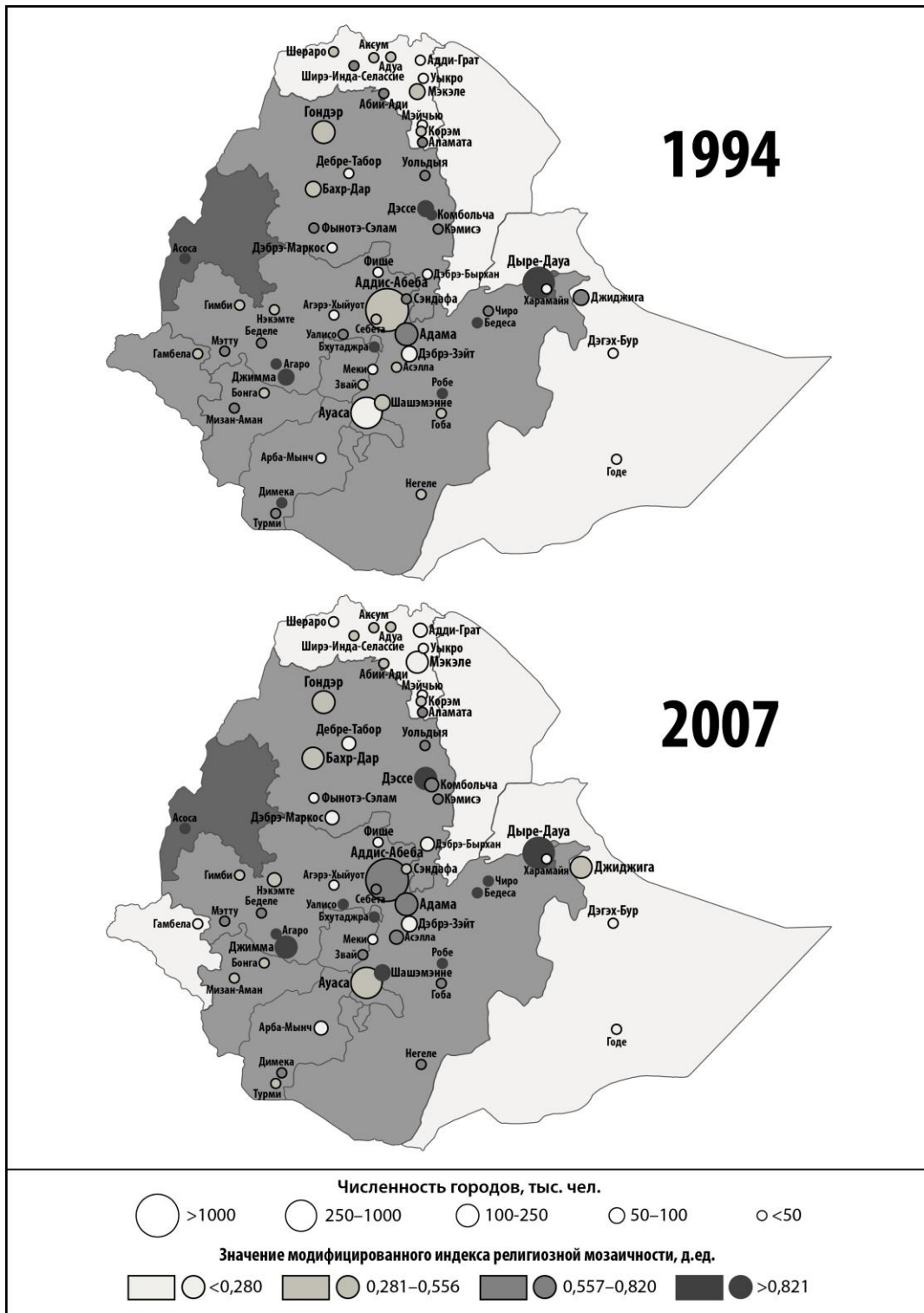


Рис. Динамика значений индекса Горохова по регионам и городам Эфиопии, 1994–2007 гг.

Рассчитано и составлено автором по: [17]

Fig. Dynamics of the modified religious diversity index (Gorokhov Index) across regions and cities of Ethiopia, 1994–2007. Calculated and compiled by the author based on: [17]

Интересно, что распределение городов Эфиопии по этим трем категориям заметно отличается от такового для глобальных городов, в которых религиозная мозаичность оказалась ниже по сравнению с показателями соответствующей страны только в 4,8 % случаев, совпала для 56,8 % и была выше для 38,4 % выборки [2, с. 132–137]; для городов Индии – это распределение выглядело следующим образом: 0,0, 54,2, 45,8 % [2, с. 245].

В Эфиопии снижение религиозной мозаичности было характерно прежде всего для городов, расположенных в регионах Тыграй, Амхара, Гамбела, в которых происходило укрепление позиций христианства (православия – в первых двух, протестантизма – в последнем), в Сомали – в связи с вытеснением христианства исламом, а также в РНННЮ – за счет конверсии адептов этнорелигий в христианство. При этом в Тыграй, Амхара и Сомали усиление доминирующей религии было обеспечено вытеснением религиозных меньшинств [22], что выразилось в снижении уровня религиозной мозаичности городов. Впоследствии, согласно [18], этот процесс усилился, что должно было привести к дальнейшему укреплению позиций доминирующих религий в этих регионах.

Имеющиеся материалы позволяют частично подтвердить связь между религиозной мозаичностью и особенностями религиозной конкуренции, в частности о том, что сближение значений индекса Горохова, рассчитанного для городов и соответствующих регионов, свидетельствует о постепенном ослаблении позиции доминирующей религии или же ее сохранении в случае превышения уровня религиозной мозаичности города над регионом [2, с. 245–246].

Эта закономерность находит свое подтверждение в Тыграй и Сомали, где индекс Горохова по городам был значительно выше, чем в регионе в целом, а позиция доминирующих религий (в первом случае – христианства, представленного преимущественно Эфиопской православной церковью, во втором случае – ислама) несколько укрепились. При этом, как было показано нами ранее [7], представленность религиозных меньшинств в этих регионах снизилась. В Гамбеле и РНННЮ, где индекс Горохова по городам был ниже, чем в регионе, христианство успешно вытесняло этнорелигии и ислам, благодаря чему доля его последователей выросла с 71,3 до 90,2 % и с 65,4 до 77,8 %, соответственно. Тем не менее параллель с Индией в случае этих регионов следует проводить с осторожностью, поскольку индуизм по уровню организации и «оформленности» вероучения принципиально отличается от этнорелигий [3], за счет которых росли христианство и ислам в Эфиопии. В Амхара христианство, так же как и в Тыграй, укрепило свои позиции, продолжив медленное вытеснение ислама, однако в рассматриваемый период города были менее мозаичными, чем регион в целом. В данном случае следует принять во внимание динамику религиозной мозаичности. Так, к 2007 году за счет сокращения доли мусульман в городском населении значение индекса Горохова для городов резко снизилось, а разрыв с регионом увеличился. Этот пример позволяет дополнить вывод: в тех случаях, когда доминирующей религии удается вытеснить своих конкурентов, разрыв в уровне религиозной мозаичности между городом и регионом увеличивается.

Рассматриваемая закономерность в общем виде наблюдается и в регионах, отличающихся крайне высокой религиозной конкуренцией между христианством и исламом, что в целом не характерно для Индии. Например, в Оромии при общем росте религиозной мозаичности наблюдалось заметное увеличение значений индекса Горохова в городах, расположенных в первую очередь в восточной и центральной части региона (рис.). Здесь после практически полного замещения этнорелигий мировыми религиями ислам начал активнее конкурировать с христианством [7; 8]. В результате в 1994–2007 гг. доля первого увеличилась с 44,3 до 47,5 %, а последнего сократилась с 50,5 до 48,6 %. Особенно заметно экспансия ислама проявляется как раз на уровне городов. Так, увеличение доли мусульман за счет ее снижения у христиан произошел в Агаро, Адама, Асэлла, Беделе, Бедеса, Гоба, Джимма, Звай, Мэтту, Негеле, Робе, Себета, Сэндафа, Фише, Харамая, Шашэмэнне, а также в Аддис-Абебе и Дире-Дауа; обратная ситуация в этой части Эфиопии наблюдалась только для Гимби, Нэкэмте, Уалисо, Чиро (рис.). Укрепление позиций ислама наблюдалось и в городах Бенишангуль-Гумуз, так же как и Оромия, характеризующемся паритетом христианства и ислама, – в рассматриваемый период доля мусульман в городском населении этого региона увеличилась с 25,6 до 27,9 %, а христиан сократилась с 73,7 до 71,1 %.

Обсуждение результатов

Таким образом, изучение городского измерения религиозной конкуренции в Эфиопии позволило дополнить результаты, полученные нашими предшественниками.

Во-первых, тезис об отсутствии строгой связи между людностью и уровнем религиозной мозаичности подтверждается. Имеющиеся данные хоть и указывают на слабую зависимость между численностью населения и религиозной мозаичностью для отдельных рангов городов, однако эта зависимость не отличается стабильностью, на что указывает смена «победившего» типа аппроксимирующей функции по группам городов и годам, резкие колебания значений R^2 .

Функциональная значимость городов, судя по разбросу значений индекса Горохова для региональных столиц, также не влияет напрямую на рост религиозной конкуренции в Эфиопии. Таким образом, на примере избранного полигона нам не удалось выявить схожие закономерности с глобальными городами, для которых более высокий ранг ассоциируется с ростом религиозной мозаичности. Такое различие можно объяснить тем, что в глобальных городах интенсификация религиозной конкуренции обеспечивается в значительной степени миграционным приростом «инокультурного» населения [12] – при этом, судя по всему, с увеличением ранга таких городов растет и их привлекательность для международных мигрантов [2]. Для городов Эфиопии увеличение числа инокультурных мигрантов, например в связи с переселением населения из мусульманских регионов в преимущественно христианские, не так характерно, хотя и может происходить во время засух, конфликтов и т.п. [19; 20]. Тем не менее, учитывая низкий уровень урбанизации Эфиопии, такие события в основном затрагивают сельское население, которое даже если и переселяется в города, то предпочитает

ближайшие, как правило, относительно небольшие населенные пункты [4; 16]. Это объясняет относительно низкое значение индекса Горохова для таких городов, как Аддис-Абеба, и экстремально высокие значения для небольших периферийных городов (рис.).

Во-вторых, если ранее проведенные исследования по Индии и странам Прибалтики [2; 10] демонстрировали, что уровень религиозной мозаичности городов соответствовал региону или был выше, то в Эфиопии значение индекса Горохова для трети городов оказалось значительно ниже по сравнению с регионом. Это можно объяснить различиями прохождения религиозно цикла (Р-цикла), отражающего процесс замещения одной религии другой [1]. Так, в Индии наблюдалась фаза устойчивого замещения, в странах Прибалтики, в большей степени затронутых циклом социально-политической секуляризации, проходили фазу религиозно-секулярного паритета (Эстония) или фазу окончательного религиозного замещения (Литва, Латвия), а Эфиопия – фазу религиозного паритета [2], которая отличается гораздо более интенсивной межконфессиональной конкуренцией на всех территориальных уровнях, в том числе на уровне городов. В связи с этим многообещающим направлением дальнейших исследований представляется проверка полученных результатов на примере стран, проходящих разные циклы религиозной конкуренции и разные фазы этих циклов.

Высокая доля городов Эфиопии, чей уровень религиозной мозаичности был ниже такового для региона, также объясняется «наследием» существовавшей ранее религиозной политики, которая выражалась в поддержке Эфиопской православной церкви. На протяжении большей части XX в. административные посты в городах страны занимали в основном представители ЭПЦ, которые могли использовать свою позицию для ограничения религиозной конкуренции [14]. Протестантские и мусульманские миссионеры сохраняли возможность работать практически только в сельской местности, где присутствие официальных властей было ограничено. С 1990-х гг. в стране начались демократические реформы, которые привели к либерализации религиозной политики, которая совпала по времени с масштабной экспансией протестантизма сначала в юго-западной Эфиопии, а затем в православных и мусульманских регионах. Ислам также существенно расширил свое геопространство за счет южных регионов, а также центральных и восточных зон Оромии [7]. Тем не менее наше полевое исследование, проведенное на юге Эфиопии в 2024 г., свидетельствует о том, что административный ресурс продолжает играть важную роль в обеспечении конкурентных преимуществ для религиозных организаций.

Судя по полученным результатам, изменения конфессионального пространства Эфиопии стали особенно заметны на уровне малых городов, по динамике конфессиональной структуры населения которых можно судить о тенденциях развития религиозной конкуренции на уровне соответствующего региона. В то же время региональные столицы, вероятно, можно считать индикатором соответствующих изменений на уровне страны в целом – на это указывает динамика и близость значений индекса Горохова для этой группы городов и всех городов Эфиопии (табл. 2).

В условиях активизации миссионерской деятельности разрыв в значениях индекса Горохова, рассчитанного для городов и соответствующего региона, сократился практически повсеместно, что может указывать на распространение религиозной конкуренции на новые территориальные уровни – в одних случаях этот процесс шел от села к городу (Амхара, Гамбела, Оромия, Регион наций, национальностей и народов юга, а также Аддис-Абеба), в других – от города к селу (Афар, Бенишангуль-Гумуз, Сомали, Тиграй, а также Дыре-Дауа и Харари).

В-третьих, выявленная ранее на примере Индии зависимость между религиозной мозаичностью городов и изменением положения доминирующей религии подтверждается и в Эфиопии. В частности, в тех случаях, когда религиозная мозаичность города и регионов находилась на одном уровне, доминирующая религия постепенно теряла свои позиции. При превышении уровня религиозной мозаичности городов над регионом позиции доминирующей религии сохранялись. Вместе с этим на примере региона Амхара установлен еще один вариант этой закономерности – увеличение разрыва в уровне религиозной мозаичности за счет ее снижения в городах при сохранении или небольшом уменьшении ее на уровне региона свидетельствует о вытеснении конкурентов доминирующей религией. Аналогичные процессы были характерны также для регионов Тиграй и Сомали, где наблюдалось относительно быстрое снижение значений индекса Горохова для городов при низкой религиозной мозаичности регионов в целом.

Важным фактором в изменении религиозной мозаичности городов выступают миграции из сельской местности не только в ходе урбанизации, но и в результате вынужденных перемещений, спровоцированных, например, засухами, конфликтами и пр. Как представляется, такие «вытесняющие» факторы затрагивают в большей степени религиозные меньшинства, которые зачастую оказываются более мобильными. Так, изменение религиозной мозаичности отдельных регионов Эфиопии связано с государственной программой переселения, которая была впервые реализована после голода 1980-х гг., а затем продолжена в 2003 г. Согласно [20], данная программа охватила регионы Амхара, Тиграй, Оромия, РННЮ и была нацелена на переселения 2,2 млн чел. из высокогорных регионов, испытывающих хроническую нехватку продовольствия, в плодородные низменности. Главной целью программы позиционировалось регулирование миграционных потоков, поскольку, происходя стихийно, они приводили к конфликтам с населением принимающих регионов. Реализация программы и достижение целевых показателей были возложены на представителей местной администрации, что, по словам Л. Хэммонд, приводило к принудительным выселениям, которые, вероятно, чаще затрагивали религиозные

меньшинства. По крайней мере в указанной статье автор отмечает, что большая часть переселенцев была мусульманами [21, р. 532]. Кроме этого, в некоторых случаях можно говорить о вытеснении конкурентов доминирующей религии, например религиозных меньшинств, в результате межконфессиональных конфликтов, которые наиболее заметны именно в городах [15; 22; 23; 24; 25], отличающихся более высокой религиозной мозаичностью, чем сельские поселения.

Выводы

В Эфиопии, проходящей фазу религиозного паритета, религиозная мозаичность на всех территориальных уровнях была достаточно высока, поэтому уровень значений индекса Горохова для городов значительно реже превышал таковой для региона. С переходом регионов Эфиопии в фазу окончательного религиозного замещения в будущем мы можем ожидать, что религиозная мозаичность большей части городов из-за общего снижения индекса Горохова будет соответствовать региональному уровню или превышать его.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уровень религиозной мозаичности не связан с людностью городов, а определяется другими факторами. Представляется, что ведущую роль в относительном увеличении этого показателя для городского населения Эфиопии может сыграть урбанизация и рост экономического потенциала городов, который может повысить их привлекательность для инокультурных мигрантов при условии соблюдения принципов принятой в стране религиозной политики.

В рассматриваемый период наблюдалось практически повсеместное сокращение разрыва в уровне религиозной мозаичности между городами и соответствующими регионами Эфиопии, что указывает на распространение религиозной конкуренции на новых территориальных уровнях. Авторами впервые показано, что этот процесс может происходить не только «сверху – вниз», то есть от города к селу, но и «снизу – вверх», то есть распространяться от села к городу.

Второй сценарий наблюдается в Амхаре, Гамбеле, Оромии, Регионе наций, национальностей и народов юга и в выделенных из него АТЕ, а также Аддис-Абебе, где Эфиопская православная церковь, пользуясь административной поддержкой, до последнего времени сохраняла свое доминирующее положение в городах. С либерализацией религиозной политики конкурирующие конфессии получили возможность действовать в них более открыто, что нашло свое выражение в росте индекса Горохова.

Первый сценарий характерен для Афар, Бенишангуль-Гумуз, Сомали, Тыграй, а также Дыре-Дауа и Харари. Здесь работа новых для этих регионов конфессий в сельской местности остается затруднена даже в условиях демократических реформ, которая тем не менее открыла им возможность работы в городах, где фиксируется рост религиозной мозаичности.

Сравнение динамики уровня мозаичности городов и соответствующих регионов представляется важным индикатором изменения положения доминирующей религии. На примере Индии нашими предшественниками было показано, что совпадение уровня религиозной мозаичности для городов и регионов указывает на вытеснение доминирующей религии, а опережение городами региона указывает на сохранение ее позиций. Опыт Эфиопии демонстрирует, что более низкий уровень религиозной мозаичности городов может свидетельствовать об укреплении позиций доминирующей религии. Такое поведение индекса Горохова в ряде случаев, например в Амхара, Тыграй, Сомали, объясняется вытеснением религиозных меньшинств, которое активнее шло в городах.

Динамика религиозной мозаичности для региональных столиц Эфиопии в рассматриваемый период отражала тенденции развития конкуренции между конфессиями по совокупности всех городов из выборки, т.е. на страновом уровне. В то же время изменение значения данного показателя для малых городов в целом отражали соответствующие преобразования на региональном уровне, по крайней мере, в тех случаях, когда конкуренция между конфессиями не ограничивалась. В этом контексте важно уточнить полученные нами и нашими предшественниками закономерности на примере стран, которые проходят разные циклы религиозной конкуренции с учетом типов отношений на рынке религий [5].

Библиографический список

1. *Горохов С. А.* География религий: Циклы развития глобального конфессионального пространства. М.: Юнити-Дана, 2020. 235 с.
2. *Горохов С. А.* Динамика конфессионального геопространства мира под влиянием религиозной конкуренции: дис. ... докт. геогр. наук: 25.00.24. М., 2017. 394 с.
3. *Горохов С. А.* Индия. Религия, демография и политика // *Азия и Африка сегодня*. 2011. № 7(648). С. 24–32.
4. *Горохов С. А., Агафошин М. М., Дмитриев Р. В.* Сомалийцы в Швеции: региональное измерение // *Современная Европа*. 2020. № 7(100). С. 132–143. doi: 10.15211/soveurope72020150161
5. *Горохов С. А., Дмитриев Р. В., Агафошин М. М.* Религия и государство: типы отношений на рынке религий // *Полития: Анализ. Хроника. Прогноз (Журнал политической философии и социологии политики)*. 2022. № 3. С. 65–79. DOI: 10.30570/2078-5089-2022-106-3-65-79
6. *Дмитриев Р. В.* Теория центральных мест: от статики к динамике. М.: Институт Африки РАН, 2023. 204 с.
7. *Захаров И. А.* Динамика конфессионального пространства Эфиопии в условиях демократических преобразований // *Известия РАН. Серия географическая*. 2023. № 5. С. 690–700. DOI: 10.31857/S2587556623050096
8. *Захаров И. А.* Факторы поляризации конфессионального пространства Эфиопии // *Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина*. 2016. № 4(53). С. 179–190.

9. Исмагилова Р. Н. Эфиопия: трудный путь к миру // Ученые записки Института Африки РАН. 2023. № 3(64). С. 75–92. DOI: 10.31132/2412-5717-2023-64-3-75-92
10. Кроток Р. Н. Трансформация конфессионального пространства Северо-Запада России и Прибалтики в XIX – начале XXI вв. дис. ... канд. геогр. наук: 1.6.13. СПб., 2025. 203 с.
11. Манаков А. Г. Трансформация территориальной структуры конфессионального пространства России в XX – начале XXI в. // Географический вестник. 2019. № 2(49). С. 13–24. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-2-13-24
12. Слукa Н. А. Парадоксы миграционного движения населения в глобальных городах / География мирового развития. Выпуск 2 / под ред. Л. М. Синдзерова. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 143–158.
13. Хорев Б. С. Проблемы городов: урбанизация и единая система расселения в СССР. М., 1975. 428 с.
14. Ягья В. С. Эфиопия в новейшее время. М., 1978. 327 с.
15. Antigejn G. K. An Assessment of religion, peace and conflict in the post 1991 of Ethiopia // Vestnik RUDN. International Relations. 2019. No. 4. P. 607–614. DOI: 10.22363/2313-0660-2019-19-4-607-614
16. Berhanu B., White M. War, famine, and female migration in Ethiopia, 1960–1989. Economic Development and Cultural Change. 2000. No. 1 (49). P. 91–113. DOI: 10.1086/452492.
17. Ethiopia Statistics Service [2025]. URL: ess.gov.et (дата обращения: 04.09.2025).
18. Ethiopia: persecution dynamics, 2025. open doors international [2025]. URL: https://www.opendoors.org/persecution/reports/Ethiopia-Full_Country_Dossier-ODI-2025.pdf (дата обращения: 25.08.2025).
19. Ezra M. Ecological degradation, rural poverty, and migration in Ethiopia: a contextual analysis. New York: Population Council, 2001. DOI: 10.31899/pgy6.1052
20. Ezra M., Kiros G. E. Rural out-migration in the drought-prone areas of Ethiopia: a multi-level analysis // International Migration Research. 2001. No. 3(35). P. 749–771. DOI: 10.1111/j.1747-7379.2001.tb00039.x
21. Hammond L. Strategies of invisibilization: how Ethiopia's resettlement programme hides the poorest of the poor // Journal of Refugee Studies. 2008. No. 4(21). P. 517–536. DOI: 10.1093/jsr/fen041
22. Haustejn J., Østebø T. EPRDF's revolutionary democracy and religious plurality: Islam and Christianity in post-Derg Ethiopia // Journal of Eastern African Studies. 2011. No. 4. P. 755–772. DOI: 10.1080/17531055.2011.642539
23. Østebø T. Religious dynamics and conflicts in contemporary Ethiopia: Expansion, Protection, and Reclaiming Space // African Studies Review. 2023. No. 3. P. 721–744. DOI: 10.1017/asr.2023.11
24. Serawit B. D. Religion and politics in post-1991 Ethiopia: making sense of Bryan S. Turner's 'Managing Religions' // Religion, State and Society. 2018. No. 1. Pp. 26–42. DOI: 10.1080/09637494.2017.1348016
25. Waga A. A., Berhanu K. Z. Political reform and religious violence in some Ethiopian regions since 2018: Evidence from Sidama, Somali, and Oromo // Social Sciences & Humanities Open. 2024. Vol. 10. DOI: 10.2139/ssm.5055900

References

1. Gorokhov S. A. *Geografiya religii: tsikly razvitiya global'nogo konfessional'nogo prostranstva* [Geography of Religions: Development Cycles of the Global Religious Landscape]. Moscow: Unity-Dana, 2020, 235 p. (In Russ.)
2. Gorokhov S. A. *Dinamika konfessional'nogo geoprostranstva mira pod vliyaniem religioznoj konkurencii* [Dynamics of the confessional geospatial world under the influence of religious competition]. Extended abstract of D.Sc. dissertation. Moscow, 2017. 394 p. (In Russ.)
3. Gorokhov S. A. Indiya. Religiya, demografiya i politika [India. Religion, demography and the policy]. *Asia and Africa Today*. 2011, no. 7, pp. 24–32. (In Russ.)
4. Gorokhov S. A., Agafoshin M. M., Dmitriev R. V. Somalis in Sweden: regional dimension. *Contemporary Europe*. 2020, no. 7(100), pp. 132–143. DOI: 10.15211/soveurope72020150161 (In Russ.)
5. Gorokhov S. A., Dmitriev R. V., Agafoshin M. M. Religion and the state: types of relations in the religious market. *The Journal of Political Theory, Political Philosophy and Sociology of Politics Politeia*, 2022, no. 3, pp. 65–79. DOI: 10.30570/2078-5089-2022-106-3-65-79 (In Russ.)
6. Dmitriev R. V. *Teoriya central'nyh mest: ot statiki k dinamike* [Central place theory: from statics to dynamics]. Moscow: Institut Afriki RAN, 2023, 204 p. (In Russ.)
7. Zakharov I. A. Dynamics of the Ethiopian religious landscape during democratic transition. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya*, 2023, no. 5, pp. 690–700. DOI: 10.31857/S2587556623050096. (In Russ.)
8. Zakharov I. A. Faktory polarizatsii konfessional'nogo prostranstva Efiopii [The factors of religious and confessional polarization in Ethiopia]. *The Bulletin of the Ryazan State University named for S.A. Yesenin*, 2016, no. 4, pp. 179–190. (In Russ.)
9. Ismagilova R. N. Ethiopia: difficult way to peace. *Journal of the Institute for African Studies*, 2023, no. 3, pp. 75–92. DOI: 10.31132/2412-5717-2023-64-3-75-92 (In Russ.)
10. Krotok R. N. *Transformatsiya konfessional'nogo prostranstva Severo-Zapada Rossii i Pribaltiki v XIX – nachale XXI vv.* [The transformation of the confessional space of Northwestern Russia and the Baltic States in the 19th - early 21st centuries]. Extended abstract of Can.Sc. dissertation. Sankt Peterburg., 2025. 203 p. (In Russ.)
11. Manakov A. G. Transformation of the territorial structure of the confessional space of Russia in the XX – the beginning of the XXI century. *Geographical Bulletin*, 2019, no. 2, pp. 13–24. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-2-13-24 (In Russ.)
12. Sluka N. A. Paradoксы миграционного dvizheniya naseleniya v global'nyh gorodah [Paradoxes of the migration movement of the population in global cities]. *Geografiya mirovogo razvitiya, Vypusk 2*. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, p. 143–158. (In Russ.)
13. Khorev B. S. *Problemy gorodov: urbanizatsiya i edinaya sistema rasseleniya v SSSR* [Problems of cities: urbanization and a unified settlement system in the USSR]. Moscow, 1975. 428 p. (In Russ.)
14. Yag'ya V. S. *Efiopiya v noveishee vremya* [Ethiopia in modern times]. Moscow: Mysl', 1978. 327 p. (In Russ.)
15. Antigejn G. K. An assessment of religion, peace and conflict in the post 1991 of Ethiopia. *Vestnik RUDN. International Relations*. 2019, no. 4, pp. 607–614. DOI: 10.22363/2313-0660-2019-19-4-607-614 (In Russ.)

16. Berhanu B., White M. War, famine, and female migration in Ethiopia, 1960–1989. *Economic Development and Cultural Change*. 2000, no. 1(49), pp. 91–113. DOI: 10.1086/452492
17. Ethiopia Statistics Service. URL: ess.gov.et (Accessed 04 September 2025).
18. Ethiopia: persecution dynamics, 2025. open doors international. URL: https://www.opendoors.org/persecution/reports/Ethiopia-Full_Country_Dossier-ODI-2025.pdf (Accessed 25 August 2025).
19. Ezra M. *Ecological degradation, rural poverty, and migration in Ethiopia: a contextual analysis*. New York: Population Council, 2001. DOI: 10.31899/pgy6.1052
20. Ezra M., Kiros G. E. Rural out-migration in the drought-prone areas of Ethiopia: a multi-level analysis. *International Migration Research*, 2001, no. 3, pp. 749–771. DOI: 10.1111/j.1747-7379.2001.tb00039.x
21. Hammond L. Strategies of invisibilization: how Ethiopia's resettlement programme hides the poorest of the poor. *Journal of Refugee Studies*. 2008, no. 4, pp. 517–536. DOI: 10.1093/jsr/fen041
22. Haustein J., Østebø T. EPRDF's revolutionary democracy and religious plurality: Islam and Christianity in post-Derg Ethiopia. *Journal of Eastern African Studies*, 2011, no. 4, pp. 755–772. DOI: 10.1080/17531055.2011.642539
23. Østebø T. Religious dynamics and conflicts in contemporary Ethiopia: expansion, protection, and reclaiming space. *African Studies Review*, 2023, no. 3, pp. 721–744. DOI: 10.1017/asr.2023.11
24. Serawit B. D. Religion and politics in post-1991 Ethiopia: making sense of Bryan S. Turner's 'Managing Religions'. *Religion, State and Society*, 2018, no. 1, pp. 26–42. DOI: 10.1080/09637494.2017.1348016
25. Waga A. A., Berhanu K. Z. Political reform and religious violence in some Ethiopian regions since 2018: Evidence from Sidama, Somali, and Oromo. *Social Sciences & Humanities Open*, 2024, vol. 10. DOI: 10.2139/ssrn.5055900

Статья поступила в редакцию: 04.09.25, одобрена после рецензирования: 30.10.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 4 September 2025; approved after review: 30 October 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Иван Андреевич Захаров

Кандидат географических наук,
старший научный сотрудник,
Центр глобальных и стратегических исследований,
Институт Африки Российской академии наук;
123001, Россия, Москва, ул. Спиридоновка, 30/1;
Научный сотрудник,
Лаборатория географии мирового развития,
Институт географии Российской академии наук;
119017, Москва, Старомонетный переулок, 29, стр. 4.

Information about the authors

Ivan A. Zakharov

Candidate of Geographical Sciences,
Senior Researcher, Center for Global and Strategic
Studies, Institute for African Studies of the Russian
Academy of Sciences;
30/1, Spiridonovka st., Moscow, 123001, Russia;
Researcher, Laboratory of Geography of World
Development, Institute of Geography of the Russian
Academy of Sciences;
29, bld. 4, Staromonetny pereulok, Moscow, 119017,
Russia

e-mail: vanszax@yandex.ru

Алина Евгеньевна Захарова

Младший научный сотрудник,
Центр глобальных и стратегических исследований,
Институт Африки Российской академии наук;
123001, Россия, Москва, ул. Спиридоновка, 30/1

Alina E. Zakharova

Junior Researcher,
Center for Global and Strategic Studies, Institute for
African Studies of the Russian Academy of Sciences;
30/1, Spiridonovka st., Moscow, 123001, Russia

e-mail: alina.zax@mail.ru

Вклад авторов

Захаров И. А. – идея, обработка материалов, подготовка картосхем, написание и научное редактирование статьи.

Захарова А. Е. – сбор материалов, написание и научное редактирование статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ivan A. Zakharov – the idea; material processing; mapping; writing and scientific editing of the article.

Alina E. Zakharova – material collection; writing and scientific editing of the article.

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

Научная статья

УДК 911.375.631

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-51-62

EDN: JBRDFG



ПОДХОДЫ К ДЕЛИМИТАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН В КОНТЕКСТЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗВИТИЕМ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ-МИЛЛИОНЕРОВ

Владислав Александрович Карабатов¹, Сергей Александрович Меркушев²^{1, 2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия¹ karabatov2013@mail.ru² merck.sergey@yandex.ru

Аннотация. Поскольку городской стиль жизни стал преобладающим, в настоящее время большое количество исследований сосредоточено на городах, особенно на их развитии и пространственной организации. Развитие городской системы зависит от правильного определения функций города и разграничения городских зон (особенно большого центра города) в соответствии с функциями. Проведение внутригородских границ, зонирование городских территорий – важная задача, актуальность которой возрастает в связи с усилением внимания к повышению качества городской среды. В статье рассмотрена методика делимитации больших центров городов-миллионеров, разработанная с использованием геоинформационных технологий. Дана формализованная оценка оптимальности границ центральных зон уральских и сибирских городов-миллионеров России, ранее проведенных с опорой на экспертный подход. По ее результатам в целом подтвердилась экспертная трассировка границ центральной зоны в Екатеринбурге, Челябинске, Новосибирске, Омске. Предложены варианты корректировки отдельных участков границ большого центра в Перми, Уфе, Красноярске. В свою очередь, районы, прилегающие к большому центру города, должны быть ключевыми местами концентрации маркеров городской идентичности, поскольку такие маркеры повышают привлекательность городской среды. Рассматриваемые города обладают некоторыми уникальными признаками городской идентичности благодаря активному участию местных групп гражданского общества в развитии городской среды. Инициативы таких групп должны быть оценены и поддержаны местными властями.

Ключевые слова: большой центр, центральная зона, границы, уральские и сибирские города-миллионеры России, делимитация, геоинформационные технологии

Для цитирования: Карабатов В. А., Меркушев С. А. Подходы к делимитации центральных зон в контексте управления пространственным развитием российских городов-миллионеров // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 51–62. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-51-62 EDN: JBRDFG

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-51-62

EDN: JBRDFG

APPROACHES TO THE DELIMITATION OF CENTRAL ZONES IN THE CONTEXT OF THE SPATIAL DEVELOPMENT MANAGEMENT IN RUSSIAN MILLION-PLUS CITIES

Vladislav A. Karabatov¹, Sergey A. Merkushev²^{1, 2} Perm State University, Perm, Russia¹ karabatov2013@mail.ru² merck.sergey@yandex.ru

Abstract. As urban lifestyle has become predominant, a significant number of studies are currently focused on cities, particularly their development and spatial organization. The evolution of urban systems depends on the proper definition of a city's functions and the delineation of urban zones (especially of the large city center) according to these functions. Establishing intra-city boundaries and zoning urban territories is a crucial task, the importance of which is increasing due to the growing focus on improving the quality of the urban environment. The article examines a methodology for delimiting large centers of million-plus cities that has been developed using geoinformation technologies. The paper provides a formalized assessment of the optimality of the central zone boundaries in the Ural and

© Карабатов В. А., Меркушев С. А., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Siberian million-plus cities of Russia, previously drawn based on an expert approach. The assessment has generally confirmed the results of the expert tracing of the central zone boundaries in Yekaterinburg, Chelyabinsk, Novosibirsk, and Omsk. The article proposes options for adjusting certain sections of the large center boundaries in Perm, Ufa, and Krasnoyarsk. Areas adjacent to the large city center should be key locations for the concentration of urban identity markers as such markers enhance the attractiveness of the urban environment. The cities under consideration possess certain unique features of urban identity due to the active participation of local civil society groups in the development of the urban environment. The initiatives of such groups should be assessed and supported by local authorities.

Keywords: large center, central zone, boundaries, Ural and Siberian million-plus cities of Russia, delimitation, geoinformation technologies

For citation: Karabatov V. A., Merkushev S. A. Approaches to the delimitation of central zones in the context of the spatial development management in Russian million-plus cities. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 51–62. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-51-62 EDN: JBRDFG

Введение

Городская система – сложное образование, состоящее из подсистем разного иерархического уровня. Ключевая роль в обозначении пределов распространения городской системы и подсистем внутри нее принадлежит границам. С географических позиций границы – линии или переходные полосы, разделяющие смежные пространственные (географические) образования, отличающиеся между собой хотя бы одним существующим признаком. По форме они могут быть резкими (государственные) и нерезкими (между ландшафтами, экономическими районами; обычно представляют собой переходную полосу) [6]. Степень выраженности территориальной границы – понятие функциональное, содержательное, а их выделение – процесс упорядочения, управления организацией географического пространства.

Делимитации внутригородских пространств в градостроительном планировании традиционно уделяется повышенное внимание. В общественно-географических исследованиях последних лет данный вопрос в первую очередь рассматривается с позиций оптимальности внутригородского административно-территориального деления (территориальной организации местного самоуправления) и проблем барьерности городской среды. Так, К. А. Страхов и Г. П. Невский [20] дают оценку обособленности и целостности территориальных единиц Санкт-Петербурга – районов и муниципальных округов, исследуя пешеходные связи жителей территориальной единицы с внешним городским пространством. Г. Г. Камкин [7] рассматривает водотоки, автомобильные и железные дороги как важные географические барьеры, изучая их роль в дезинтеграции городского пространства на примере всей Москвы, а Е. В. Карлова и П. В. Зюзин [9] исследуют влияние железнодорожных линий, обособляющих московский «обыденный район Карачарово» от соседних территорий, на самоидентификацию данной территории. И. П. Смирнов [19] проводит типологию пространства малых городов Центральной России по сложности с помощью балльной оценки влияния на их среду различных географических барьеров. Но суть дела от этого не меняется: четкого обоснования проведения границ зон найти практически невозможно. Хотя от того, насколько правильно они проведены, зависит набор и степень представленности функций в той или иной части города, качество и степень принятия городским сообществом других важных документов, регулирующих городское пространственное развитие (правил землепользования и застройки, проекты планировки территорий, схемы границ зон охраны памятников истории и культуры и т.д.).

В последние годы, отличающиеся масштабными позитивными изменениями в российских городах, повышенную актуальность приобретает вопрос делимитации городских центров. Все чаще разрабатываются и утверждаются документы, в которых устанавливаются особые условия функционирования центральных зон, туристских центров, принимающие во внимание их ключевую роль в сохранении своеобразия, украшающего города, свойства, которое, по словам Г. М. Лаппо, «приобретает со временем все возрастающую ценность» [10]. Например, летом 2024 г. в Екатеринбурге активно обсуждались намерения властей официально закрепить границы центральной части города [3; 17]. В то же время существует потребность в научно обоснованных, универсальных, формализованных критериях проведения границ центральных зон, что делает актуальным проведение представленного исследования.

Целью данной работы является изучение возможности применения ГИС-технологий для формализации процесса выделения центральных зон городов-миллионеров России, необходимого при разработке градостроительной документации.

Задачи:

- 1) рассмотреть теоретико-методологические основы делимитации центральных зон городов;
- 2) дать предложения по корректировке границ больших центров, ранее проведенных экспертным путем;
- 3) предложить направления совершенствования разработанной методики делимитации центральных зон городов.

Материалы и методы исследования

В центральную зону городов (большой центр), мы, опираясь на подходы Е. Н. Перчика [16], включаем историческое ядро и зону, непосредственно примыкающую к нему. Первоначально границы центральных зон четырнадцати российских городов-миллионеров были выделены экспертным путем при проведении

сравнительной оценки привлекательности внешних зон российских городов-миллионеров и обеспеченности железнодорожным сообщением общегородских аттракторов, локализованных в их пределах [14]. Для четкого выделения полигона исследования необходимо было отсечь все то, что к внешней зоне не относится, но в городскую черту входит, то есть собственно городской центр. Позднее полигоном исследования, напротив, выступили центральные части российских городов-миллионеров [15], и вопрос формализации процесса делимитации этих территорий стал еще более актуальным.

При проведении границ экспертным путем [8] в первую очередь обращалось внимание на внутригородские объездные автомагистрали и железные дороги, барьерная (разделительная) функция которых хорошо выражена. Также учитывались признаки, хорошо идентифицируемые по космоснимкам и картам, например, хорошо видно, где заканчивается селитебная зона и начинается промышленная. В других случаях выделялись ключевые функции большого центра и анализировалось, в какой степени они представлены в кварталах, которые претендуют на статус пограничных. В этом случае в качестве границы принималась осевая улица такого квартала, реже – граница квартала со стороны внешней зоны.

Для подтверждения или опровержения предложенной ранее экспертной трассировки была разработана методика, опирающаяся на геоинформационные технологии и использование открытых данных сервиса OpenStreetMap (OSM) [18]. С ее помощью выявлялось наличие двух количественно измеряемых признаков границы большого центра:

1. превосходство кварталов, прилегающих к границе со стороны центра, над смежными кварталами внешней зоны в количестве и плотности объектов социальной инфраструктуры;
2. всплеск (заметное усиление концентрации) всех функций, свойственных центральной зоне, в приграничных кварталах первого порядка (непосредственно примыкающих к искомой границе).

На первом этапе, опираясь на подходы Е. Г. Анимиды и М. Д. Шарыгина [2] к классификации границ по функциям, ранее установленные экспертным путем границы большого центра города были разделены на сегменты следующих типов:

1. разделительные – те, которые служат барьерами, приводя к достаточно яркой смене ключевых признаков в городских каркасе и ткани, к таким можно отнести железнодорожные и автомобильные магистрали (чаще всего внутригородские объездные дороги), а также случаи, когда происходит резкая смена функций (хотя трасса-разделитель отсутствует);
2. контактные, через которые беспрепятственно осуществляются различные связи, чаще всего это оси пограничных кварталов;
3. ограничительные – природные ограничители пространственного развития города на определенном этапе – речные долины, особенно глубоко врезанные, обширные зеленые массивы;
4. проблемные – те, которые проведены по определенным улицам экспертным путем в условиях, когда ни один из перечисленных признаков четко не выражен.

При дальнейшем анализе оказалось, что в наибольшей степени в формализованном подтверждении нуждается трассировка границ проблемного и контактного типов. Поэтому по обе стороны от таких границ по линиям внутривортовых проездов первого и второго порядка оконтуривались кварталы, в пределах которых оценивалась представленность объектов социальной инфраструктуры (маркеров центральных функций городов). Одним из признаков наличия границы на таких участках, на наш взгляд, является «всплеск» функций, то есть увеличение концентрации на единицу территории функций, которые в целом свойственны центральным зонам городов, это один из тех предлагаемых формализованных критериев оценки корректности проведения границ.

После этого полученные базовые слои преобразовались для дальнейшего использования. По каждому городу необходимая базовая часть полученных с OSM shp-файлов вырезалась по экстенду, охватывающему территорию исследуемого города. Инструмент «Вырезание» позволяет извлекать входные объекты, которые совпадают с вырезающими объектами, по границам городов были извлечены необходимые данные – это объекты социальной инфраструктуры

Далее все shp-файлы приводились в единую систему координат проекции. Следующим шагом при выполнении работы стал расчет количества объектов социальной инфраструктуры в каждом из исследуемых кварталов. В итоге в каждом квартале рассчитывалась площадь и плотность объектов социальной инфраструктуры.

Результаты и их обсуждение

Расчеты в соответствии с описанной выше методикой были проведены по семи городам-миллионерам Урала и Сибири: Екатеринбургу, Челябинску, Уфе, Перми, Новосибирску, Омску, Красноярску. Результаты распределения участков границ больших центров по типам представлены в табл. 1.

Все четыре типа границ большого центра имеются не везде. В частности, в Челябинске и Красноярске отсутствует ограничительный тип. Это связано с тем, что на территории данных городов на стыке центральной и внешней зоны практически нет естественных барьеров, препятствующих пространственному развитию городских систем. В Екатеринбурге, Челябинске, Омске суммарная доля контактных и проблемных сегментов (62,1 %, 51,6 %, 44,9 % соответственно) в общей протяженности границ большого центра значительно выше

аналогичного показателя других городов. Это свидетельствует о размытости перехода от центральной части к внешней зоне, большей вероятности изменения трассировки границы большого центра по итогам исследования.

Таблица 1
 Table 1

Распределение участков границ больших центров по типам
 Distribution of sections of the large center boundaries by type

Название города	Тип							
	Разделительная		Контактная		Ограничительная		Проблемная	
	Длина, км	Доля, %	Длина, км	Доля, %	Длина, км	Доля, %	Длина, км	Доля, %
Екатеринбург	9,1	37,1	12,1	49,4	0,2	0,8	3,1	12,7
Челябинск	10,5	48,4	5,4	24,9	0	0	5,8	26,7
Уфа	11,6	44,3	6,4	24,4	4,0	15,3	4,2	16,0
Пермь	7,6	31,5	3,9	16,4	9,0	37,5	3,5	14,6
Новосибирск	15,5	57,2	6,5	24,0	0,7	2,6	4,4	16,2
Омск	4,7	16,9	6,5	23,7	10,5	38,2	5,8	21,2
Красноярск	24,1	82,8	3,2	10,3	0	0	2,3	6,9

Самая низкая суммарная доля контактных и проблемных сегментов в общей протяженности границ большого центра отмечена в Красноярске (17,2 %) и Перми (31,0 %). Переход от большого центра к внешней зоне здесь более выражен, следует ожидать меньших корректировок трассировки границ центральных зон.

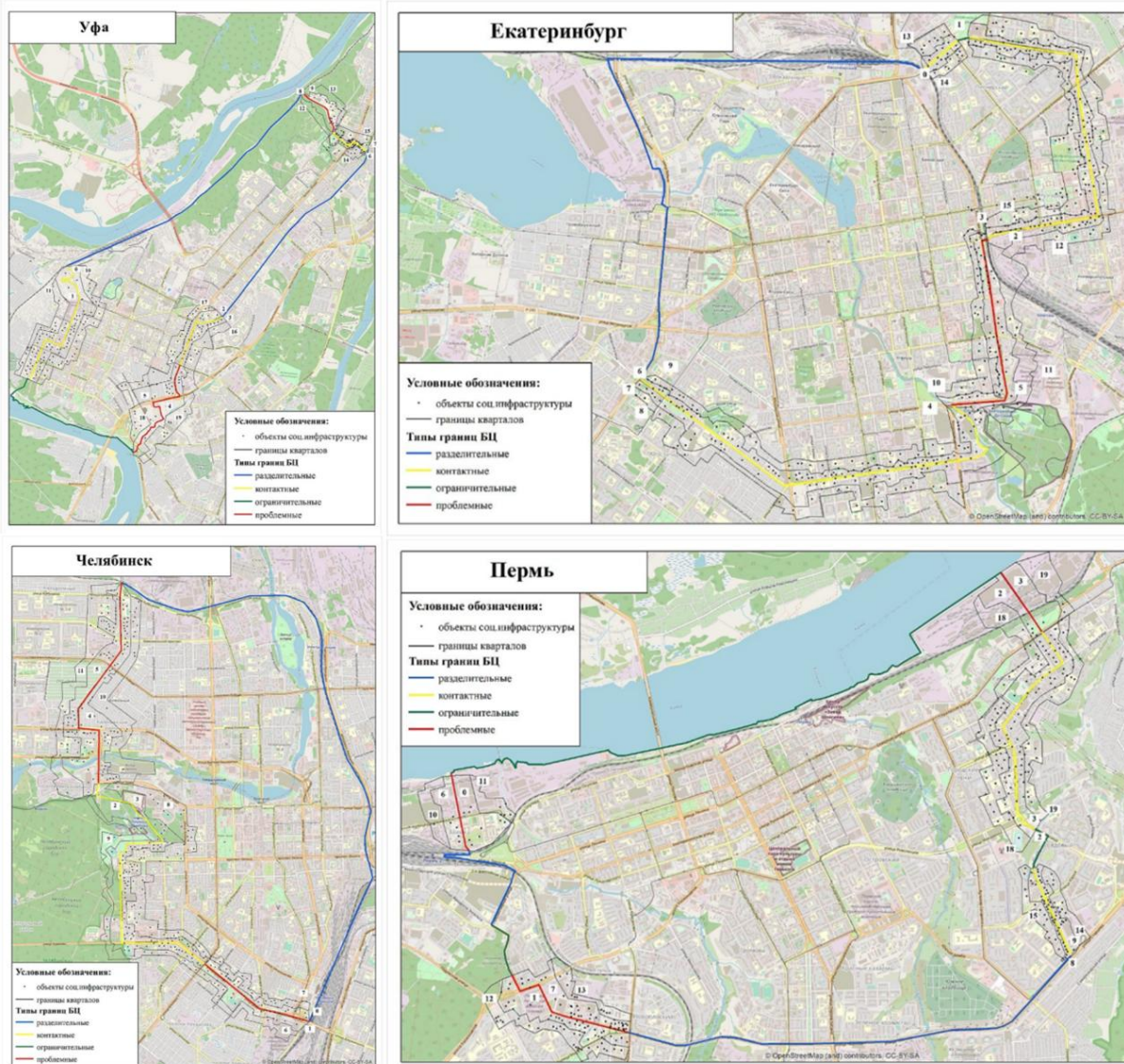


Рис. 1. Трассировка границ больших центров уральских городов-миллионеров до внесения корректировок
 Fig. 1. Tracing of the large center boundaries in the Ural million-plus cities before making adjustments

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль контактных и проблемных большого центра Перми показано в табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль контактных и проблемных границ большого центра Перми
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located along the contact and problem boundaries of the large center of Perm

Наименование показателя	Тип границы*									
	П		П		К		К		П	
Внутренние кварталы										
Номер квартала	0	11	7	13	8	15	4	17	2	18
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	9	4	47	9	25	23	53	34	5	4
Плотность объектов, ед./га	0,31	0,40	1,56	0,65	2,88	1,58	1,39	0,69	0,32	0,16
Внешние кварталы										
Номер квартала	6	10	1	12	9	14	5	16	3	19
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	5	1	45	30	25	18	41	19	1	2
Плотность объектов, ед./га	0,29	0,07	1,27	0,99	2,33	1,37	1,07	0,58	0,04	0,06

* Тип границы: К – контактный, П – проблемный.

* Boundary type: K – contact boundary, P – problem boundary.

Для большинства кварталов, прилегающих к рассматриваемым сегментам границ большого центра Перми, характерны значительное количество объектов социальной инфраструктуры во внутренних кварталах (то есть в пределах центральной зоны) по сравнению с внешними и, как следствие, большая плотность этих объектов.

Исключение составляют внешние кварталы второго порядка № 12 (0,99 ед./га при 0,65 ед./га у квартала № 13 с противоположной стороны границы) и № 19 (0,06 ед./га при 0,16 ед./га у квартала № 18). Оба случая наблюдаются в сегменте границ проблемного типа.

Превышение плотности объектов социальной инфраструктуры во внешнем квартале № 12 можно объяснить тем, что здесь более плотная застройка – это часть типичного спального микрорайона с большим количеством жилых домов и объектов социальной инфраструктуры. В то время как на территории тринадцатого квартала находятся офисные помещения технопарка Morion Digital, и плотность объектов социальной инфраструктуры значительно ниже.

Результаты расчетов по Екатеринбургскому центру даны в табл. 3.

Таблица 3

Table 3

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль контактных и проблемных границ большого центра Екатеринбурга
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located along the contact and problem boundaries of the large center of Yekaterinburg

Наименование показателя	Тип границы							
	К		П		К		К	
Внутренние кварталы								
Номер квартала	6	9	4	10	3	15	0	14
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	103	28	71	25	116	51	18	10
Плотность объектов, ед./га	1,42	0,38	1,87	0,78	2,15	0,65	2,96	1,25
Внешние кварталы								
Номер квартала	7	8	5	11	2	12	1	13
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	65	22	30	4	80	32	12	8
Плотность объектов, ед./га	0,59	0,20	0,78	0,07	1,56	0,36	1,73	0,64

Вдоль всех рассматриваемых сегментов границы екатеринбургского большого центра наблюдается количественное превосходство внутренних кварталов по концентрации объектов социальной инфраструктуры. Стоит также отметить, что хорошо видно снижение концентрации центральных функций по мере удаления от границ большого центра города с внешней стороны.

Таким образом, первоначальный вариант проведения границы центральной зоны в пределах проблемных и контактных участков оказался достаточно убедительным.

Расчеты по Челябинску приведены в табл. 4. В основном мы видим ситуацию, аналогичную екатеринбургской. На каждом из рассматриваемых участков границы центральной зоны города наблюдается большая концентрация функций в крайних кварталах центральной зоны, что дает основание утверждать здесь о достоверной делимитации. Однако в пределах кварталов второго порядка № 10 и 11 имеет место превышение плотности объектов социальной инфраструктуры во внешней зоне (0,36 ед./га против 0,22 ед./га). Это можно

объяснить тем, что значительную часть территории десятого квартала занимает частный сектор, в котором концентрация объектов социальной инфраструктуры невысока. Напротив, большая часть квартала № 11 покрыта многоэтажной застройкой. В ней, в соответствии со спросом, размещается больше объектов сферы услуг.

Таблица 4
Table 4

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах
вдоль контактных и проблемных границ большого центра Челябинска
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located
along the contact and problem boundaries of the large center of Chelyabinsk

Наименование показателя	Тип границы					
	П		К		П	
Внутренние кварталы						
Номер квартала	0	7	3	8	4	10
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	44	31	101	46	85	18
Плотность объектов, ед./га	1,88	1,37	1,28	0,40	1,28	0,22
Внешние кварталы						
Номер квартала	1	6	2	9	5	11
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	18	7	38	15	95	36
Плотность объектов, ед./га	0,65	0,25	0,49	0,28	1,02	0,36

Ситуация в Уфе (табл. 5) отличается от екатеринбургской и челябинской. В столице Башкортостана на нескольких участках не выявлено превосходства прилегающих к границе кварталов большого центра в концентрации объектов социальной инфраструктуры. Первый случай – это кварталы первого порядка № 8 и 9 в пределах проблемного сегмента границы большого центра на северо-западе, где она разделяет лесопарковый массив и кварталы, преимущественно занятые медицинскими учреждениями. С внутренней стороны от границы большого центра располагается обширная зеленая зона, в ее пределах объекты социальной инфраструктуры представлены в меньшем количестве, чем во внешней зоне. Как следствие, плотность объектов здесь гораздо меньше. Аналогичная ситуация у этой части границы в пределах кварталов второго порядка № 12 и 13.

Таблица 5
Table 5

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах
вдоль границ большого центра Уфы
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located
along the contact and problem boundaries of the large center of Ufa

Наименование показателя	Тип границы									
	К		П		К		К		П	
Внутренние кварталы										
Номер квартала	0	10	8	12	6	14	2	17	5	18
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	47	30	1	0	26	9	21	15	19	20
Плотность объектов, ед./га	0,66	0,55	0,08	0	3,73	0,47	0,97	0,48	0,31	0,36
Внешние кварталы										
Номер квартала	1	11	9	13	7	15	3	16	4	19
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	30	11	20	5	27	7	25	7	10	10
Плотность объектов, ед./га	0,41	0,30	0,92	0,32	2,49	0,44	1,14	0,22	0,24	0,16

Также необходимо отметить, что на юго-востоке большого центра Уфы в сегменте границы контактного типа превосходство в концентрации объектов социальной инфраструктуры кварталов большого центра первого порядка № 2 и 3 отсутствует, но проявляется в пределах кварталов второго порядка (№ 17 и 16). Поэтому в этом месте мы сочли возможным оставить первоначальную трассировку границы центральной зоны.

Возникли вопросы и по проведению границы большого центра в пределах проблемного сектора между кварталами № 4 и 5 первого порядка (кварталы второго порядка здесь № 18 и 19). В данном случае наблюдается преимущество в концентрации объектов социальной инфраструктуры квартала внешней зоны первого порядка, одновременно происходит значительное увеличение концентрации объектов социальной инфраструктуры при движении вглубь большого центра Уфы (в квартале № 18). По нашему мнению, это указывает на необходимость сдвига границы внутрь большого центра. То есть в данном случае экспертный вариант тоже не подтвердился.

Картограммы городов-миллионеров Урала с первоначальными (проведенными экспертным путем) границами большого центра, а также объектами социальной инфраструктуры в кварталах первого и второго порядка, прилегающих к границам проблемного и контактного типа, представлены на рис. 2.

В Новосибирске (табл. 6) результаты расчетов указывают на корректную делимитацию большого центра в пределах всех проблемных и контактных сегментов границы. По мере удаления от большого центра во внешнюю зону имеет место снижение концентрации объектов социальной инфраструктуры, что также

подтверждает убедительность экспертного варианта. При этом в кварталах № 5 и 6 внешней зоны у границы проблемного типа, преимущественно занятых производственными объектами, социальной инфраструктуры не выявлено совсем.

Расчеты по Красноярску представлены в табл. 7.

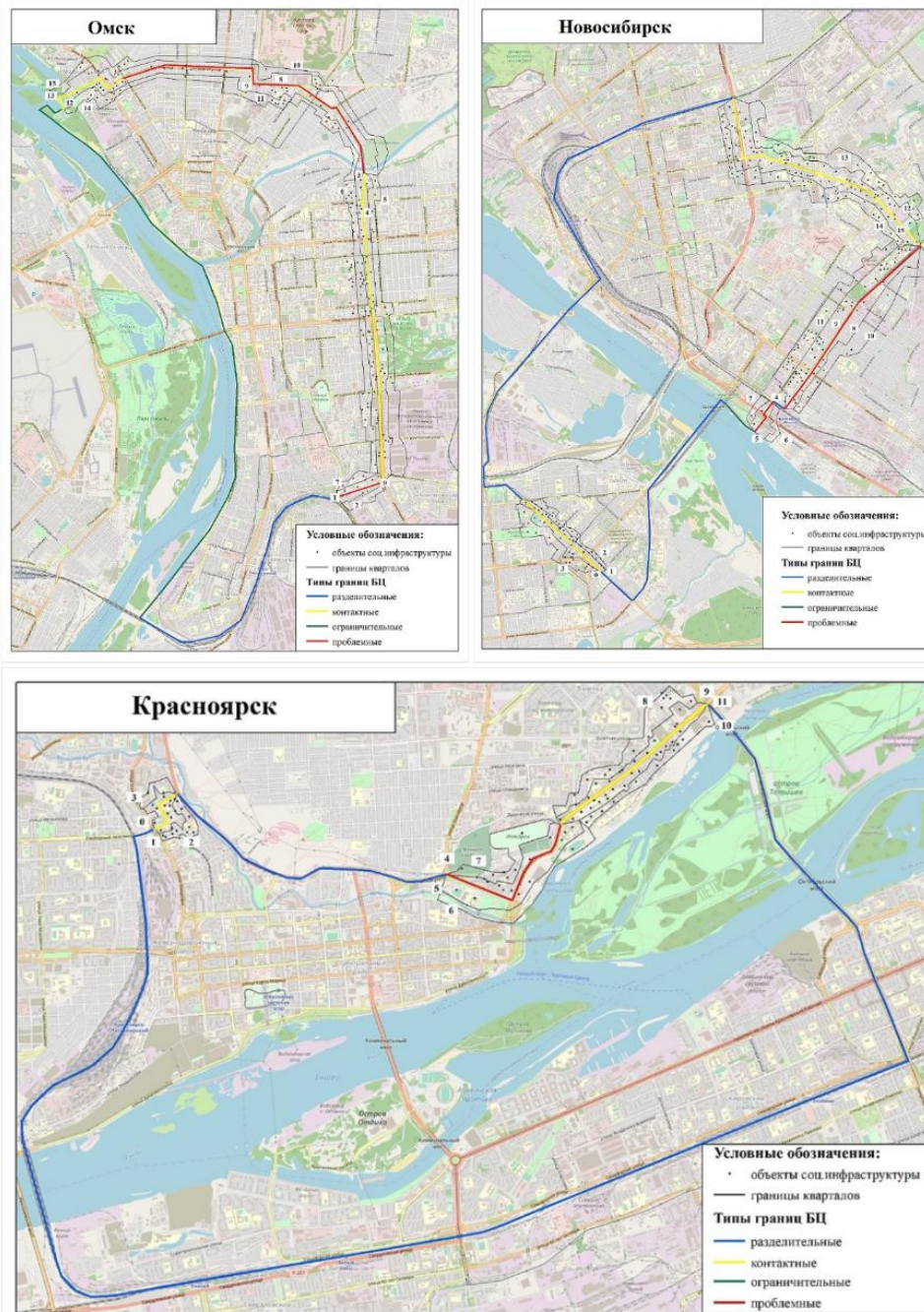


Рис. 2. Трассировка границ больших центров сибирских городов-миллионеров до внесения коррективов
 Fig. 2. Tracing of the boundaries of the large centers of the Siberian million-plus cities before making adjustments

Нет однозначного превосходства в количестве и плотности объектов социальной инфраструктуры в кварталах, примыкающих к границе проблемного типа в районе Стрелки. Плотность объектов социальной инфраструктуры примерно одинакова во внутреннем (№ 5) и внешнем (№ 4) кварталах первого порядка. Однако (внешний) квартал № 7 второго порядка с многоэтажной застройкой и объектами сферы услуг превосходит по плотности объектов социальной инфраструктуры узкий внутренний квартал второго порядка № 6, вытянувшийся вдоль Качи и Енисея. Набережная Качи хорошо обустроена, является частью протяженного красноярского пешеходно-променадного каркаса, но объектов социальной инфраструктуры, учитываемых в соответствии с принятой методикой, в ее пределах нет.

Таким образом, с одной стороны, по результатам расчетов трассировку границы центральной зоны в данном месте необходимо уточнять, с другой – очевидна потребность в совершенствовании применяемой методики, в первую очередь с позиции перечня и значимости учитываемых при расчетах объектов социальной инфраструктуры.

Что касается других сегментов рассматриваемых типов, то в их пределах первоначальная трассировка находит подтверждение. В пользу этого вывода говорит и снижение концентрации объектов социальной инфраструктуры во внешней зоне по мере удаления от границ большого центра.

Таблица 6

Table 6

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль границ большого центра Новосибирска
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located along the boundaries of the large center of Novosibirsk

Наименование показателя	Тип границы							
	К		П		П		К	
Внутренние кварталы								
Номер квартала	1	2	4	7	9	11	15	14
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	23	20	3	2	46	22	41	34
Плотность объектов, ед./га	1,45	1,14	0,39	0,32	0,54	0,33	0,59	0,45
Внешние кварталы								
Номер квартала	0	3	5	6	8	10	12	13
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	11	13	0	0	11	8	32	15
Плотность объектов, ед./га	0,69	0,37	0	0	0,21	0,11	0,38	0,21

Таблица 7

Table 7

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль границ большого центра Красноярска
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located along the boundaries of the large center of Krasnoyarsk

Наименование показателя	Тип границы					
	К		П		П	
Внутренние кварталы						
Номер квартала	1	2	5	6	11	10
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	8	11	7	1	16	10
Плотность объектов, ед./га	1,32	1,35	0,21	0,04	0,82	0,54
Внешние кварталы						
Номер квартала	0	3	4	7	9	8
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	4	2	6	9	13	12
Плотность объектов, ед./га	0,73	0,37	0,25	0,49	0,61	0,41

В Омске (табл. 8) в пограничных кварталах центральной зоны концентрация объектов социальной инфраструктуры оказалась во всех случаях выше, чем в кварталах внешней зоны. Стоит также отметить, что почти по всем рассматриваемым кварталам, прилегающим к границе центральной зоны, можно наблюдать снижение концентрации объектов социальной инфраструктуры по мере отдаления от центра. Поэтому на данном этапе мы не видим причин для корректировки ранее предложенного варианта трассировки границы большого центра.

Таблица 8

Table 8

Распределение объектов социальной инфраструктуры в кварталах вдоль границ большого центра Омска
Distribution of social infrastructure facilities in street blocks located along the boundaries of the large center of Omsk

Наименование показателя	Тип границы							
	П		К		П		К	
Внутренние кварталы								
Номер квартала	1	7	3	6	9	11	12	14
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	4	3	42	40	20	14	11	10
Плотность объектов, ед./га	0,44	0,43	0,76	0,72	0,33	0,29	0,83	0,69
Внешние кварталы								
Номер квартала	0	2	4	5	8	10	13	15
Объекты социальной инфраструктуры, ед.	2	2	21	15	6	9	5	4
Плотность объектов, ед./га	0,32	0,23	0,39	0,22	0,09	0,17	0,28	0,24

Полученные результаты показали, вопреки изначально выдвинутой гипотезе, в городах, имеющих значительную долю контактных и проблемных сегментов в общей протяженности границ (Екатеринбурге, Челябинске и Омске), что оконтуривание больших центров оказалось достаточно убедительным. Более точная делимитация требуется для центральных зон Перми, Уфы и Красноярска.

В Перми в наибольшей корректировке нуждается трассировка сегмента границы проблемного типа в районе ул. Стахановской. Предложения по корректировке границ большого центра Перми на данном участке представлены на рис. 3.

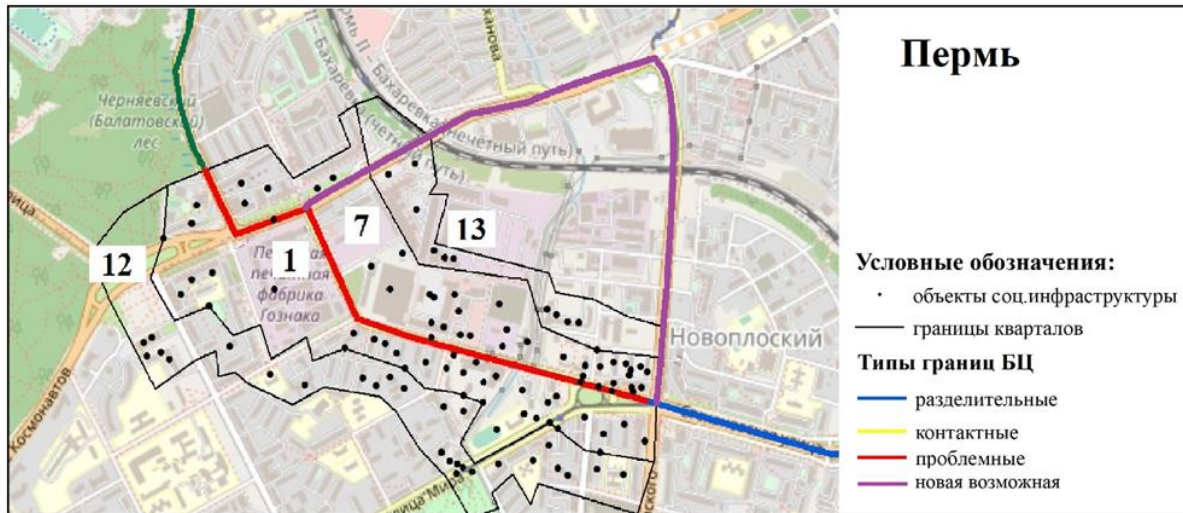


Рис. 3. Предложение по корректировке границ большого центра Перми в пределах сегмента проблемного типа в районе ул. Стахановской, шоссе Космонавтов и Транссибирской магистрали

Fig. 3. A proposal to adjust the boundaries of the large center of Perm within the problem segment in the area of Stakhanovskaya st., shosse Kosmonavtov st., and the Trans-Siberian Railway

В данном случае предлагается перенести границу большого центра с ул. Стахановской на ул. Карпинского, Столбовая и шоссе Космонавтов. Новая граница «отрежет» от большого центра территорию технопарка Morion Digital, а также другие кварталы между ул. Стахановской и Транссибирской магистралью, которые уже заняты или будут заняты в ближайшем будущем многоэтажным жилым фондом, возводимым в том числе с помощью механизма комплексного развития территорий. Кроме того, за пределы большого центра целесообразно вывести территорию между Транссибирской магистралью, шоссе Космонавтов и ул. Столбовой, поскольку масштабное развитие транспортной инфраструктуры (путепровод между ул. Крисанова и Столбовой с многоуровневой развязкой при его пересечении с шоссе Космонавтов) превратило ее в типичный ареал с ограниченной пешеходной доступностью.

В Уфе первоначальная трассировка границ большого центра не подтвердилась на севере и юго-востоке. Предложения по ее корректировке даны на рис. 4.

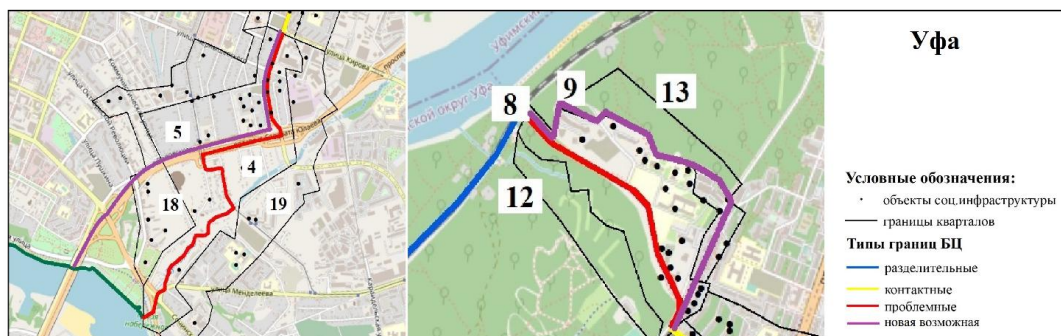


Рис. 4. Предложения по корректировке границ большого центра Уфы на севере (справа) и на юго-востоке (слева)

Fig. 4. Proposals to adjust the boundaries of the large center of Ufa in the north (on the right) and in the southeast (on the left)

На севере предлагается включить в большой центр Уфы территории с высокой концентрацией объектов социальной инфраструктуры, занятые жилым комплексом «Зелёный берег», городской больницей № 18 и физкультурным диспансером. На юго-востоке возможен вариант проведения границы большого центра не по

руслу р. Сутолки, а по пр-ту Салавата Юлаева – автомагистрали, отделяющей зону многофункциональной застройки от зоны смешанной застройки с преобладанием частной. Однако этот вариант нуждается в более тщательном обосновании, так как в этом случае за пределами большого центра окажутся такие знаковые аттракторы столичного города, как Монумент Дружбы, часть недавно преобразованной набережной Белой, строящаяся мечеть Ар-Рахим.

В Красноярске более детальная проработка требуется для трассировки сегмента границы проблемного типа по ул. Дубенского и Белинского. Возможный вариант – перенос границы на ул. Соревнований (рис. 5), однако для вхождения в состав большого центра кварталу между ул. Дубенского, Соревнований и Белинского пока не хватает насыщения центральными функциями, а реализация масштабных планов по освоению территории между Качей, протокой Татышева и ул. Партизана Железняка с большой вероятностью приведет к тому, что концентрация объектов социальной инфраструктуры во внутренних кварталах большого центра заметно возрастет, и первоначальная трассировка границы по ул. Дубенского и Партизана Железняка получит обоснование по критериям рассматриваемой методики.



Рис. 5. Возможный вариант корректировки границ большого центра Красноярска в районе квартала Стрелка

Fig. 5. A possible option for correcting the boundaries of the large center of Krasnoyarsk in the area of the Strelka city block

Важно подчеркнуть, что в будущем планируется провести тестирование предложенных вариантов трассировки по представленной в работе методике, а также дополнить алгоритм проведения границ центральных зон с учетом недостатков, выявленных на данном этапе исследования.

Заключение

Формализация процесса выделения большого центра (центральной зоны) городов является важной задачей в рамках процесса зонирования городских территорий. Ее актуальность возрастает в связи с масштабными изменениями городской среды, принятием документов, устанавливающих границы и особые условия функционирования центральных зон и туристских центров городов.

Границы большого центра состоят из сегментов, относящихся к четырем типам. Наибольшие затруднения, как правило, возникают при проведении контактных и проблемных границ. Среди возможных показателей, позволяющих продвинуться по пути формализации процесса делимитации большого центра данными типами границ, находятся превосходство кварталов, прилегающих к границе со стороны центра, над смежными кварталами внешней зоны в количестве и плотности объектов социальной инфраструктуры, а также заметное усиление концентрации всех функций, свойственных центральной зоне, в кварталах первого порядка (непосредственно примыкающих к границе).

По результатам расчета указанных выше показателей с помощью геоинформационных технологий появилось формализованное доказательство, подтверждающее правильность оконтуривания больших центров, первоначально осуществленное экспертным путем в четырех из семи городов-миллионеров Урала и Сибири. В корректировке нуждалась трассировка некоторых проблемных сегментов в Перми, Уфе, Красноярске. При подготовке предложений по ее изменению выяснилось, что предложенная методика, с одной стороны, позволяет выявлять проблемные моменты при экспертной делимитации центральных зон, с другой – нуждается в дальнейшем совершенствовании, в первую очередь с точки зрения уточнения набора и значимости учитываемых объектов социальной инфраструктуры, одновременного учета других важных признаков, что будет сделано в дальнейших исследованиях.

Библиографический список

1. Абакумова А. В. Основные планировочные зоны города: центральная, срединная, периферийная; промышленные территории в структуре города // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 1(9). С. 6–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.01.1 EDN: RSDKZB
2. Анимитца Е. Г., Шарыгин М. Д. Феномен территориальной границы // Географический вестник. 2007. № 1–2. С. 5–10. EDN: NDARDD
3. Аркадий Чернецкий: «Центр Екатеринбурга растет. Это хороший признак // РБК-ТВ. Екатеринбург. URL: <https://ekb.rbc.ru/ekb/interview/25/06/2024/667a52b99a7947f517563b11> (дата обращения: 12.08.2024)
4. Боровкова О. В. «Граница» и «предел» как два способа ограничения // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 1(299). С. 23–34. EDN: KGCXOT
5. Вахрушев К. В. Проблема восприятия границ исторического центра Екатеринбурга // Новые идеи нового века: Материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ, Хабаровск, 2020. С. 79–85. EDN: ZBZWEF
6. Границы географические // Географический энциклопедический словарь: Понятия и термины / гл. ред. А. Ф. Трешников. М.: Науч. изд-во «Советская энциклопедия», 1988. С. 80–81.
7. Камкин Г. Г. Барьерность городской среды и ее количественная оценка (на примере Москвы) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 1. С. 27–36. DOI: 10.31857/S2587556620010094 EDN: ISLVYB
8. Карабатов В. А. Делимитация центральных зон городов-миллионеров Сибири // Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов XVIII Международной конференции. Екатеринбург, 2023. С. 18–21. EDN: BNILLQ
9. Карлова Е. В., Зюзин П. В. Локальные сообщества жителей в условиях транспортных городских барьеров // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2014. № 5. С. 36–41. EDN: TFLQDZ
10. Ланно Г. М. Города России. Взгляд географа. М.: Новый хронограф, 2012. 504 с. ISBN: 978-5-94881-151-2 EDN: QKLEZX
11. Лебединская Г. А. О месте стратегии пространственного развития в системе территориального планирования Российской Федерации // Academia. Архитектура и строительство. 2018. № 1. С. 59–66. DOI: 10.22337/2077-9038-2018-1-59-66 EDN: YWPFQ
12. Литвиненко В. Т. Делимитация и демаркация границ – особые проблемы политического характера, связанные с распадом СССР и появлением на его территории непризнанных государств // Система ценностей современного общества. 2019. № 3. С. 88–92.
13. Лучников А. С., Меркушев С. А., Николаев П. С. К вопросу о трансформации территориально-функциональной структуры среднего города (на примере Кунгура) // Устойчивое развитие социэкономике регионов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2012. С. 133–139.
14. Меркушев С. А. Пассажирское железнодорожное сообщение и attractiveness внешних зон российских городов-миллионеров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле. 2021. Т. 31, Вып. 1. С. 97–110. DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-97-110 EDN: DPDXCW
15. Меркушев С. А. Пешеходно-променадные каркасы больших центров городов-миллионеров России: монография. Пермь: Перм гос. нац. исслед. ун-т, 2023. 137 с. URL: <https://elis.psu.ru/taxonomy/term/781?language=ru>
16. Перцик Е. Н. География городов (геоурбанистика) М.: Высш. шк., 1991. 319 с. ISBN: 5-06-000602-6 EDN: VZNMXP
17. Рустам Галамов: «В центре города не должно быть заброшенных объектов» // РБК-ТВ. Екатеринбург. URL: <https://ekb.rbc.ru/ekb/interview/19/06/2024/667104139a794790dd0c6413> (дата обращения: 14.08.2024)
18. Сервис OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата обращения: 12.03.2024)
19. Смирнов И. П. Пространственная структура малых городов: подходы к типологии (по материалам Центральной России) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2023. Т. 78, № 2. С. 22–35. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.3 EDN: KXOMIK
20. Страхов К. А., Невский Г. П. Оценка обособленности и целостности внутригородских районов (на примере Санкт-Петербурга) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 2. С. 219–233. DOI: 10.31857/S2587556623020097 EDN: KHPZOV

References

1. Abakumova A. V. Osnovnye planirovochnye zony goroda: tsentral'naya, sredinnaya, periferiynaya; promyshlennye territorii v strukture goroda [Basic planning zones of the city: central, middle, peripheral; industrial territories in the city structure]. *Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arkhitektura*, 2013 no. 1(9), pp. 6–9. (In Russ.)
2. Animitsa E. G., Sharygin, M. D. Fenomen territorial'noi granitsy [The phenomenon of territorial boundary]. *Geograficheskiy vestnik*, 2007, no. 1–2, pp. 5–10. (In Russ.)
3. Arkadii Chernetskii: «Tsentr Ekaterinburga rastet. Eto khoroshii priznak. RBK-TV. Ekaterinburg. website. (In Russ.) URL: <https://ekb.rbc.ru/ekb/interview/25/06/2024/667a52b99a7947f517563b11> (Accessed 12 August 2024)
4. Borovkova O. V. «Granitsa» i «pre-del» kak dva sposoba ogranicheniya» [«Boundary» and «limit» as two methods of limitation]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2007, no. 1(299), pp. 23–34. (In Russ.)
5. Vakhrushev K. V. Problema vospriyatiya granits istoricheskogo tsentra Ekaterinburga [The problem of perception of the boundaries of the historical center of Yekaterinburg]. In *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii FAD TOGU*, Khabarovsk, pp. 79–85. (In Russ.)
6. Granitsy geograficheskie [Geographical boundaries]. In *Geograficheskiy entsiklopedicheskiy slovar': Ponyatiya i terminy* / gl. red. A.F. Treshnikov. Moscow: Nauch. izd-vo «Sovetskaya entsiklopediya», 1988, pp. 80–81. (In Russ.)
7. Kamkin G. G. Barrier nature of the urban environment and its quantitative assessment (on the example of Moscow). *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2020, no. 1, pp. 27–36. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2587556620010094.
8. Karabatov V. A. Delimitatsiya tsentral'nykh zon gorodov-millionerov Sibiri [Delimitation of central zones of million-plus cities in Siberia]. In *Rossiiskie regiony v fokuse peremen. Sbornik dokladov XVIII Mezhdunarodnoi konferentsii. Ekaterinburg*, 2-23, pp. 18–21. (In Russ.)

9. Karlova E. V., Zyuzin P. V. Local communities of residents in conditions of urban transport barriers *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya.*, 2014, no. 5, pp. 36–41. (In Russ.)
10. Lappo G. M. *Goroda Rossii. Vzglyad geografa* [Cities of Russia. Geographer's view]. Moscow: Novyy khronograf, 2012, 504 p.
11. Lebedinskaya, G.A. On the place of spatial development strategy in the territorial planning system of the Russian Federation. *Academia. Architecture and Construction*, no. 1, pp. 59–66. (In Russ.)
12. Litvinenko V. T. Delimitatsiya i demarkatsiya granits – osobyе problemy politicheskogo kharaktera, svyazannye s raspadom SSSR i poyavleniem na ego territorii nepriznannykh gosudarstv [Delimitation and demarcation of borders – special political problems associated with the collapse of the USSR and the emergence of unrecognized states on its territory]. *Sistema tsennostei sovremennogo obshchestva*, 2019, no. 3, pp. 88–92. (In Russ.)
13. Luchnikov, A.S., Merkushev S.A., Nikolaev R.S. K voprosu o transformatsii territorial'no-funktional'noi struktury srednego goroda (na primere Kungura) [On the issue of transformation of the territorial-functional structure of an average city (on the example of Kungur)]. In *Ustoychivoe razvitie sotsioekonomiki regionov: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Perm*, 2012, pp. 133–139. (In Russ.)
14. Merkushev S.A. Passenger railway communication and attractiveness of outer zones of Russian millionaire cities. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2021, vol. 31, no. 1, pp. 97–110. (In Russ.) DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-1-97–110. (In Russ.)
15. Merkushev S. A. *Peshekhodno-promenadnye karkasy bol'shikh tsentrov gorodov-millionerov Rossii* [Pedestrian and promenade frameworks of large centers of million-plus cities in Russia]. Perm: Permskiy gosudarstvennyy natsional'nyy issledovatel'skiy universitet. Electronic data, 137 p. (In Russ.) URL: <https://elis.psu.ru/taxonomy/term/781?language=ru>.
16. Pertsik E. N. *Geografiya gorodov (geourbanistika)* [Geography of cities (geourbanistics)]. Moscow: Vyssh. shk., 1991. 319 p. (In Russ.)
17. Rustam Galyamov: «*V tsentre goroda ne dolzhno byt' zabroshennykh ob'ektov*» [«There should be no abandoned objects in the city center»]. RBK-TV. Ekaterinburg. website, 2024. URL: <https://ekb.rbc.ru/ekb/interview/19/06/2024/667104139a794790dd0c6413>.
18. OpenStreetMap Service. website. URL.: <https://www.openstreetmap.org>.
19. Smirnov I. P. Spatial structure of small cities: approaches to typology (based on materials from Central Russia). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*, 2023, vol. 78, no. 2, pp. 22–35. DOI 10.55959/MSU0579-9414.5.78.2.3. EDN KXOMIK.
20. Strakhov K. A., Nevskiy G. P. Assessment of the distinctiveness and integrity of intra-city districts (on the example of St. Petersburg). *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2023, vol. 87, no. 2, pp. 219–233. DOI: 10.31857/S2587556623020097.

Статья поступила в редакцию: 24.06.25, одобрена после рецензирования: 14.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 24 June 2025; approved after review: 14 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Владислав Александрович Карабатов
Аспирант географического факультета,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Vladislav A. Karabatov
Postgraduate Student, Faculty of Geography,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: karabatov2013@mail.ru

Сергей Александрович Меркушев
Кандидат географических наук, доцент
кафедры социально-экономической географии,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Sergey A. Merkushev
Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Department
of Socio-Economic Geography, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: merck.sergey@yandex.ru

Вклад авторов

Карабатов В. А. – сбор материала, обработка материалов, написание статьи.
Меркушев С. А. – идея, планирование структуры текста, редактирование текста.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Vladislav A. Karabatov – material collection and processing; writing of the article.
Sergey A. Merkushev – the idea, planning of the text structure; editing.

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

Научная статья

УДК 911.373

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-63-75

EDN: XSGLRD



ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Игорь Иванович Жуков

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

igoryan228.zhukov@ya.ru, ORCID: 0009-0006-1498-7118, eLibrary Author ID: 1224369

Аннотация. Цель статьи – выявить различия в демографической устойчивости сельских населенных пунктов (СНП) Курской области в зависимости от их положения по отношению к рельефу, речной и дорожной сети. Иные факторы воздействия на демографическую устойчивость СНП в работе подробно не рассматривались.

В качестве объекта исследования взяты все сельские населенные пункты Курской области (2773 селения). Динамика людности СНП оценивалась по материалам Всероссийских переписей населения 2002, 2010, 2021 гг. В процессе работы применялись методы: статистический, картографический, анализа карт и космических снимков, типологии, демографического прогнозирования.

Анализ селений Курской области по признакам положения их в рельефе и отношения к транспортной сети позволил выделить 4 топогенетических типа СНП: долинно-овражные, приводораздельные, притрактовые и смешанные (последние приурочены одновременно к рекам и к дорогам). Выявлена значительная пространственная дифференциация СНП с различной демографической динамикой. Наиболее уязвимы СНП, расположенные на водоразделах (из них 25 % относится к категории «без населения»), у железных дорог вне транспортных узлов, а также селения в долинах малых рек вдали от крупных транспортных путей. Наименее уязвимы и демонстрируют рост населенные пункты, приуроченные к полимагистралям, а также к главным рекам в границах пятикилометровой зоны влияния важнейших автодорог.

В обозримом будущем на территории Курской области сохранится обозначенный тренд – будет заметна зависимость демографической устойчивости от топографического и транспортного положения СНП, однако темпы спада численности селений замедлятся.

Ключевые слова: Курская область, сельские населенные пункты, демографическая устойчивость, топографическое положение, транспортная сеть, сельское расселение

Благодарности. Автор выражает особую благодарность научному руководителю – доктору географических наук Людмиле Ивановне Попковой за ценные советы при проведении исследования и рекомендации по оформлению данной статьи.

Для цитирования: Жуков И. И. Демографическая устойчивость сельских населенных пунктов Курской области // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 63–75. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-63-75 EDN: XSGLRD

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-63-75

EDN: XSGLRD

DEMOGRAPHIC STABILITY OF RURAL SETTLEMENTS OF THE KURSK REGION

Igor I. Zhukov

Kursk State University, Kursk, Russia

igoryan228.zhukov@ya.ru, ORCID: 0009-0006-1498-7118, eLibrary Author ID: 1224369

Abstract. The purpose of the article is to identify differences in the demographic stability of rural settlements (RS) in the Kursk Region depending on their position in relation to the relief and to river and road networks. Other factors influencing the demographic stability of RS were not considered in detail in the study.

All rural settlements of the Kursk Region (2,773 villages) were taken as the object of the study. The population dynamics of the RS was estimated based on the materials of the All-Russian Population Censuses of 2002, 2010, and

© Жуков И. И., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

2021. The methods used in the work were statistical, cartographic methods, analysis of maps and space images, methods of typology and demographic forecasting.

The analysis of the RS based on their position in the relief and in relation to the transport network led to the identification of 4 topogenetic types of RS: valley-ravine, watershed, roadside, and mixed settlements (the latter are related to both rivers and roads). The study has revealed a significant spatial differentiation of RS with different demographic dynamics. The most vulnerable RS are those located on watersheds (25% of them are classified as “uninhabited”), near railways outside transport hubs, and in small river valleys far from major transport routes. The least vulnerable settlements that demonstrate growth are those located near polyhighways as well as near main rivers within a five-kilometer zone of influence of the most important motor roads.

In the foreseeable future, the designated trend will continue in the Kursk Region: the dependence of demographic stability on the topographic and transport position of rural settlements will remain noticeable, but the rate of decline in the number of settlements will slow down.

Keywords: Kursk Region, rural settlements, demographic stability, topographic position, transport network, rural population settlement

Acknowledgments. The author expresses special gratitude to his scientific supervisor, Lyudmila I. Popkova, Doctor of Geographical Sciences, for valuable advice during the research and recommendations on the design of this article.

For citation: Zhukov I. I. Demographic stability of rural settlements of the Kursk Region. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 63–75. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-63-75 EDN: XSGLRD

Введение

Топографическое положение селений – это их положение в рельефе, а также по отношению к речной сети [9]. Наиболее подробно топографическое положение селений впервые было рассмотрено в 1910 г. в работе В. П. Семенова-Тян-Шанского «Город и деревня в Европейской России». Он выделил и охарактеризовал наиболее яркие и часто встречающиеся топографические типы: долинный, долинно-овражный, водораздельный [18].

В советской довоенной географии было принято относиться к теме влияния топографии на особенности расселения с некоторым предубеждением, в силу чего данная сторона географии расселения в то время изучалась слабо. К этому направлению комплексно вернулся лишь С. А. Ковалев спустя полвека, в 1960-е гг. В своих работах [9] он суммирует исследования многих ученых-расселенцев того времени, приводя несколько подходов к выявлению топографических типов селений в зависимости от природных условий местности. Он говорит о характерных типах для различных физико-географических районов СССР: Северо-Запада, Сибири, Среднерусской возвышенности, Северного Кавказа.

В 2001 году Д. Н. Лухманов и Т. Г. Нефедова в коллективной монографии «Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен» [5] проводят обзорный сравнительный анализ топографических типов селений некоторых районов Русской равнины со времен В. П. Семенова-Тян-Шанского до конца XX в. Рассматривая Черноземье, они констатируют, что за столетие произошло сгущение и укрупнение поселений на выбранной ими для примера территории (Новохоперский уезд Воронежской губернии) и отмечают также образование местного центра, «заданного гидросетью и узлом дорог», что подчеркивает значимость положения селений относительно транспортных путей и их пересечений.

В последние годы также появляются исследования, направленные на стирание белых пятен в теме современного топографического положения СНП. С. И. Яковлева подробно изучает особый междуречный тип расселения в пределах нечерноземной Тверской области [20]. С. В. Панковым разрабатывается бассейновый подход в изучении сельского расселения Тамбовской области [12].

Тема получает развитие в рамках научной школы расселения С. А. Ковалева и А. И. Алексева [1; 2; 9]. Проблематика сжатия сельского пространства, неравномерности развития, внутрирегионального неравенства рассматривается с позиции полимасштабного подхода Т. Г. Нефедовой и А. И. Трейвишем [5]. Работы Л. И. Попковой, С. В. Панкова, А. С. Овсянникова, Н. В. Чугуновой [4; 11–13; 15–17], посвященные особенностям сельского расселения Центрального Черноземья, также стали значимой частью теоретической базы данной работы.

Черноземные регионы, как видно, фигурируют в подобных исследованиях, однако Курская область детально не рассматривается. В области к настоящему времени насчитывается 2773 сельских населенных пункта – самое большое число селений среди всех областей Центрального Черноземья. Процессы деградации сельской местности в XXI в. проходят наиболее интенсивно именно в данном регионе: так, Курская область с 2002 по 2021 г. потеряла наибольшее количество сельских жителей – около 138 тыс. чел. (28,7 % сельского населения).

Курская область, расположенная на юго-западных склонах Среднерусской возвышенности, характеризуется наличием системы гряд и холмов; значительной густотой речной и овражно-балочной сети [3]. За последние два столетия на территории области сформировалась разветвленная сеть дорог: изначально проселочных, доступных для гужевого транспорта, затем с 1860-х гг. – железных. В XX веке большинство проселочных дорог стали автомобильными, также были построены новые автомагистрали. Близость к водным ресурсам и расстояния до транспортных путей долгие годы были определяющими факторами жизнеспособности сельских поселений.

Советский период оказался переломным для черноземного села: ускоренная урбанизация, формирование и укрупнение колхозов, попытки ликвидации хуторского расселения сменили вектор тяготения демографического потенциала в сторону пригородных зон и «центральных усадеб». В постсоветское время сложилась новая парадигма, где главными факторами, влияющими на эволюцию сельского расселения, стали: деаграризация сельской местности, снижение роли производственных функций СНП, рост доли старших возрастов в сельском населении [2]. В этой связи вызывает интерес, насколько в настоящее время «выживаемость» черноземных селений зависит от «старых факторов»: положения СНП в рельефе и приуроченности к сети дорог.

Цель данного исследования – выявить влияние топографического положения и транспортной сети на демографическую устойчивость сельских населенных пунктов Курской области в XXI в.

В статье рассматривается только одна сторона влияния на демографию, факторы, связанные с близостью областного центра и влиянием важнейших узлов опорного каркаса, детально не изучаются.

Материалы и методы

Объект исследования – сельские населенные пункты Курской области. Основной статистической базой послужили данные Всероссийских переписей населения 2002, 2010, 2021 гг. – как находящиеся в открытом доступе [14], так и полученные по запросу из Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Курской области. Таким образом, изучена демографическая устойчивость СНП Курской области за период с 2002 по 2021 г.

Использование метода статистического анализа позволило установить различия в демографических характеристиках между выделенными типами, что определило обоснованность проведения данной типологии.

Методы анализа карт и космических снимков (из открытых интернет-ресурсов «Яндекс Карты» и OpenStreetMap), а также метод типологии можно назвать одними из ключевых в данном исследовании. Они применялись в совокупности для выделения на территории Курской области различных топогенетических типов селений, которые анализировались в разрезе особенностей их пространственной локализации и динамики людности.

Результаты проведенной типологии авторы смогли наглядно представить при помощи метода геоинформационного картографирования. Созданные картографические изображения также рассматривались в качестве материала для аналитической работы с целью выявления закономерностей размещения и динамики типов СНП.

В исследовании использован инструментарий демографического прогнозирования, в частности метод экстраполяции Ричардсона с применением экспоненциальной функции [6; 10]. С помощью данного метода удалось составить среднесрочный демографический прогноз (до 2031 г.) для каждого из выделенных типов селений, показывающий тренды динамики численности их населения.

Результаты и обсуждение

С целью выявления корреляции демографической устойчивости селений Курской области по отношению к рельефу и транспортной сети была проведена топогенетическая типология СНП Курской области. Условия типологии не дают возможности говорить о наличии в Курской области четырех отдельных систем расселения в современном понимании данной дефиниции [19], так как СНП в выделенных типах территориально разрознены и далеко не всегда функционально взаимосвязаны.

Все СНП были разделены на 4 топогенетических типа:

1. Долинно-овражные, расположенные в долинах постоянных водотоков, оврагах и балках. Чаще всего они вытянуты вдоль рек либо образуют разветвленные планировочные формы, согласующиеся с очертаниями балок [9];

2. Приводораздельные, имеющие плакорное расположение и, как правило, слабо обеспеченные водными ресурсами. Большинство таких селений имеет водонапорные башни;

3. Притрактовые, приуроченные к дорогам разных типов: автомобильным, многие из которых раньше были проселочными, и железным. Эти поселения могут быть как вытянуты вдоль дорог, так и образовывать иные планировочные формы;

4. Смешанные, находящиеся одновременно у реки и у дороги. Вероятно, наличие реки было первичным фактором образования данных селений, однако впоследствии протянувшийся рядом тракт «перетянул» на себя значительную часть жизнеобеспечивающих функций.

В количестве СНП каждого из данных типов, численности и динамике их населения, изменении их средней людности за два десятилетия заметны существенные различия (табл. 1).

Наблюдается уязвимость приводораздельных селений (их людность сократилась более чем на треть) и устойчивость смешанных (они потеряли лишь 7 % жителей). Однако и приводораздельные, и смешанные СНП демонстрируют резкое (в 2 раза) увеличение людности самых мелких СНП, где проживает до 10 человек. Среди всех групп людности наибольший рост показывают мелкие и мельчайшие селения (до 50

жителей), но этот рост обманчив, поскольку он происходит за счет снижения численности населения более крупных СНП и, соответственно, их перехода на низшие демографические уровни. Увеличение людности СНП иных групп (от 200 до 500, от 1000 до 2000 чел.) показывают лишь притрактовые и смешанные типы, при этом притрактовый тип полностью потерял СНП с числом жителей более двух тысяч. Среди долинно-овражных и приводораздельных селений интенсивную убыль населения демонстрируют пункты с людностью от 500 до 1000 чел.: в них число жителей сократилось вдвое

Таблица 1

Table 1

Демографические характеристики сельских населенных пунктов Курской области, по данным [14]

Demographic characteristics of rural settlements in the Kursk Region, according to data from [14]

Группы людности, чел.	ВСЕГО			Топогенетические типы СНП											
				Долинно-овражные			Приводораздельные			Притрактовые			Смешанные		
	Людность, чел.		Изменение, %	Людность, чел.		Изменение, %	Людность, ел.		Изменение, %	Людность, чел.		Изменение, %	Людность, чел.		Изменение, %
	2002 г.	2021 г.		2002 г.	2021 г.		2002 г.	2021 г.		2002 г.	2021 г.		2002 г.	2021 г.	
1–10	1 475	2 525	71,2	927	1 835	98,0	472	615	30,3	63	49	-22,2	13	26	100,0
11–25	7 155	6 746	-5,7	4 970	5 413	8,9	1 796	1 005	-44,0	284	215	-24,3	105	113	7,6
26–50	15 699	13 192	-16,0	12 542	10 645	-15,1	2 787	1 571	-43,6	215	766	256,3	155	210	35,5
51–100	36 807	27 200	-26,1	29 621	21 740	-26,6	4 930	3 695	-25,1	1 805	1 191	-34,0	451	574	27,3
101–200	64 154	51 805	-19,2	50 942	41 280	-19,0	7 056	5 575	-21,0	3 189	2 987	-6,3	2 967	1 963	-33,8
201–500	140 239	91 700	-34,6	105 143	68 121	-35,2	14 814	6 892	-53,5	11 739	7 512	-36,0	8 543	9 175	7,4
501–1000	108 010	62 308	-42,3	74 543	32 711	-56,1	5 783	2 235	-61,4	9 847	10 901	10,7	17 837	16 461	-7,7
1001–2000	48 852	42 638	-12,7	25 301	18 190	-28,1	0	0	0	4 846	7 079	46,1	18 705	17 369	-7,1
Более 2000	57 087	43 520	-23,8	17 221	12 027	-30,2	9 820	8 573	-12,7	4 833	0	-100,0	25 213	22 920	-9,1
ВСЕГО	479 478	341 634	-28,7	321 210	211 962	-34,0	47 458	30 161	-36,4	36 821	30 700	-16,6	73 989	68 811	-7,0
Средняя людность	176	123	-30,1	160	104	-35,0	99	63	-36,4	267	222	-16,9	655	609	-7,0
Средняя людность	2 773			2 047			475			138			113		

Пространственное размещение выделенных типов, физико-географические и экономико-географические условия их жизнедеятельности требуют детального анализа для понимания причин сложившейся демографической ситуации, выявления закономерностей и частных случаев, а также трендов развития системы сельского расселения Курской области в целом (рис. 1).

Общая картина размещения селений и их людности свидетельствует о том, что наиболее крупные СНП расположены вблизи областного центра, в Железногорском, Суджанском, Беловском, Глушковском районах, а самые мелкие рассредоточены по северо-западной и северо-восточной периферии; наиболее мелкоселенным остается Хомутовский район, расположенный в зоне серых лесных почв, которые менее плодородны, чем черноземы.

Изначальное заселение территории региона шло в первую очередь по долинам рек. В силу этого **долинно-овражные** СНП являются наиболее многочисленным типом селений – они составляют почти три четверти всех СНП Курской области (2047 селений). Некоторые из них тяготеют к крупным рекам и расположены в хорошо выработанных долинах, другие приурочены к более мелким водотокам со слабо выраженными долинами, третьи размещены на дне или склонах балок вне постоянных водотоков, но вблизи верховьев рек и выходов родников. Поэтому СНП данного типа были дополнительно разделены на три группы:

- селения вблизи главных рек (200);
- селения вблизи прочих рек (1609);
- пункты в границах овражно-балочной сети (238).

Главными реками считаем водотоки с длиной более 100 км; в Курской области их четыре: Сейм, его крупнейшие притоки Тускарь и Свапа, а также Песёл.

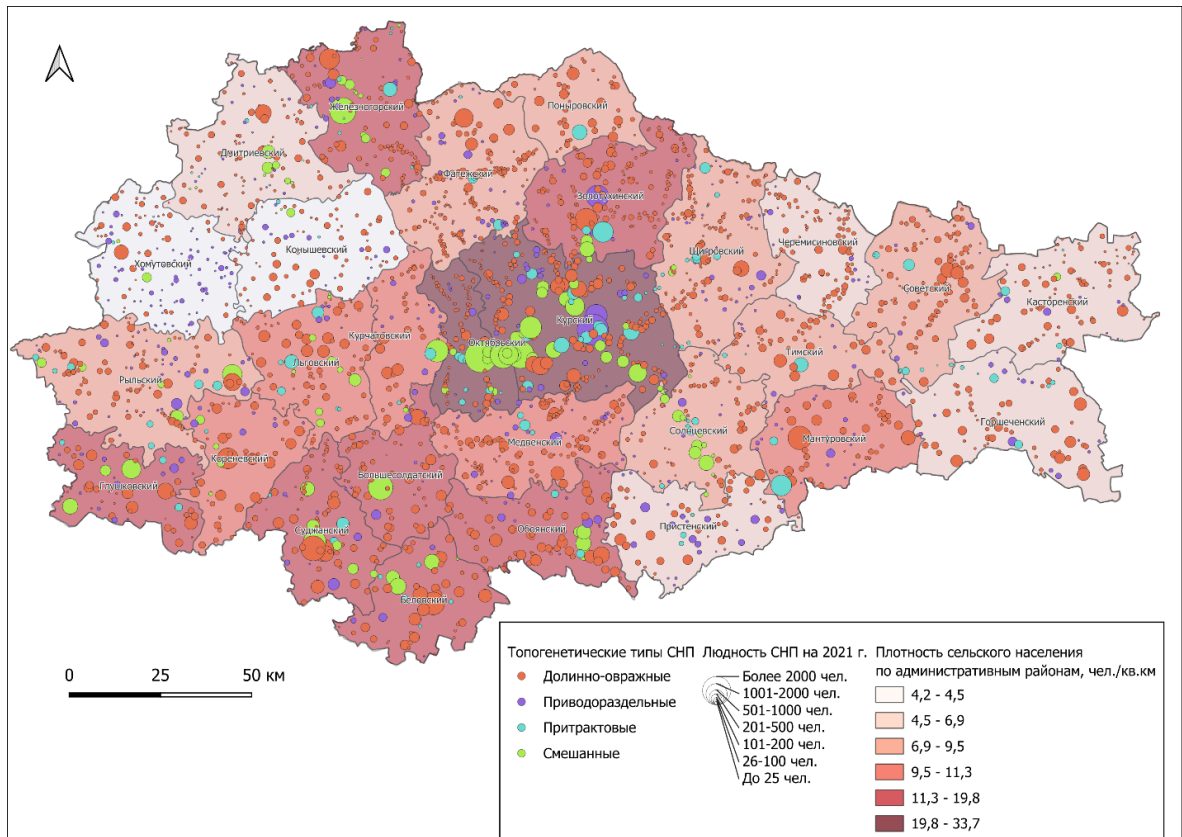


Рис. 1. Людность различных типов СНП Курской области в 2021 г.
 Fig. 1. Population of different types of rural settlements in the Kursk Region in 2021

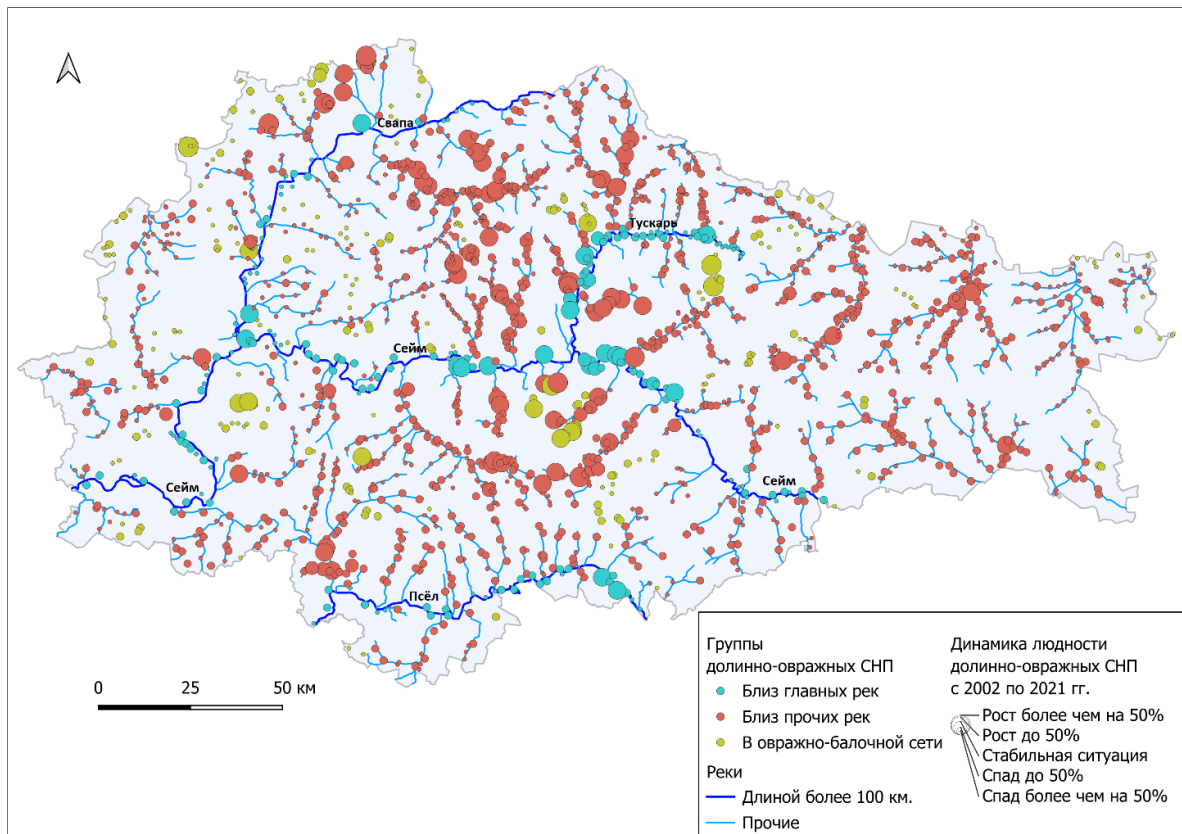


Рис. 2. Локализация групп долинно-овражных СНП на территории Курской области
 Fig. 2. Localization of valley-ravine RS groups in the territory of the Kursk Region

Рисунок расселения первых двух групп практически совпадает с очертаниями речной сети (рис. 2): деревни, хутора и села буквально нанизаны на крупные, малые реки и их притоки.

Больше всего СНП этого типа (79 %) рассредоточено вдоль не крупных водотоков. Из них лишь 6 % растут и не теряют население, хотя в абсолютном выражении это составляет наибольшее число среди долинно-овражных селений – 86.

Преимущественное число СНП, тяготеющих к главным рекам, локализовано вдоль Сейма и Тускари. Слабо заселены берега Свапы в верхнем течении и отчасти Псла в границах Суджанского и Беловского районов. Растущие и стабильные СНП здесь составляют 12 %; некоторые из них являются пригородами Курска и лежат у впадения Тускари в Сейм, другие размещены на Сейме в Курском и Октябрьском районах, на Псле в Обоянском районе. Следует отметить, что пригородные селения всегда имеют больший демографический потенциал, они не столь зависимы от топографических особенностей, от приуроченности к дорогам и рекам, как СНП, расположенные в удалении от городов.

Овражно-балочные населенные пункты зачастую «разбросаны» по периферии области; такие СНП, как правило, неустойчивы. Небольшие группы преимущественно растущих селений локализованы вблизи водоразделов к югу и северо-востоку от областного центра, а также между Льговом и Рыльском. Всего растущих и стабильных пунктов из этой группы 6 %, что и в абсолютных значениях показывает наименьшую устойчивость овражно-балочных СНП.

Ареалы вымирающих селений всех групп данного типа сосредоточены в междуречье Сейма и нижнего течения Свапы, на большинстве притоков Псла, а также по периферии – у границ с другими регионами, кроме Железногорского района и Суджанской «сельской агломерации». Таким образом, наименее уязвимыми СНП будут те, которые приурочены к главным рекам и лежат близ крупных центров – Курска, Железногорска, Суджи.

Приводораздельные СНП составляют гораздо более малочисленный тип селений, чем долинно-овражные (17 % всех СНП). Но в их распространении и динамике людности также наблюдается существенная дифференциация.

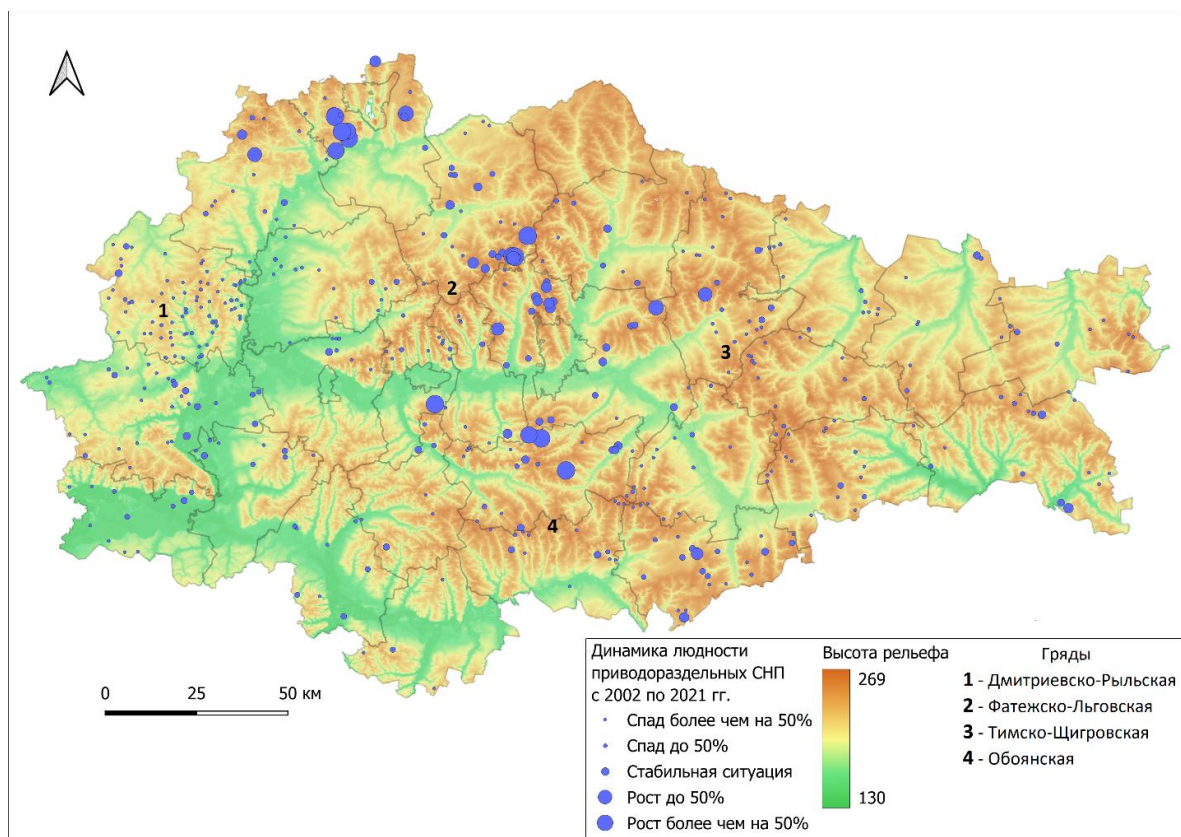


Рис. 3. Локализация приводораздельных СНП на территории Курской области.

Fig. 3. Localization of watershed RS in the Kursk Region

Некоторые приводораздельные СНП сформировались не ранее середины XX в. и имеют несельскохозяйственную специализацию, обеспечивая различные виды производств. Например, несколько крупных селений в Курском и Железногорском районах. Но большая часть представляет собой:

- мелкие выселки из «коренных» деревень и сел, близких к водным ресурсам (как в Медвенском и Золотухинском районах);

- систему небольших поселков, где плакорные СНП перемежаются с долинно-овражными (как в Хомутовском и Дмитриевском районах).

Приурочены они в основном к грядам – наиболее возвышенным участкам области: Дмитриевско-Рыльской, Фатежско-Льговской, Обоянской и Тимско-Щигровской (рис. 3).

Данный тип включает максимальный процент СНП, входящих в категорию «без населения», так как каждый четвертый приводораздельный пункт официально считается вымершим. Причем 105 из 128 таких селений стали безлюдными именно в период с 2002 по 2021 гг. Более того, количество мельчайших селений среди приводораздельных достигает 39 % (около 190). К мельчайшим относятся СНП, где проживает менее 25 жителей; пункты этой категории людности считаются наименее устойчивыми. Зона наибольшей концентрации таких селений хорошо заметна: это центральная часть Дмитриевско-Рыльской гряды, больше лесная, чем лесостепная. Здесь ранее были широко распространены дубравы, под которыми сформировались легкосуглинистые серые лесные почвы с меньшим, чем у черноземов, плодородием. Это «пятно» в границах черноземной области и сейчас во многом обуславливает отток населения в другие районы.

Группы СНП на Фатежско-Льговской и Обоянской грядах демонстрируют неоднородную динамику: большая часть Обоянской гряды представляет собой зоны распространения вымирающих СНП, ареалы же растущих селений сконцентрированы в пригородах Курска, а также в Фатежском районе (Большое Жирово и соседние населенные пункты). Последнее может быть обусловлено влиянием близлежащей автодороги на Москву.

Вообще *дороги* в дифференциации расселения играют весьма значимую роль. По ним выстраивается оптимальная сеть расселения; дороги являются ее главными артериями и постепенно становятся осями опорного каркаса хозяйства. Важнейшие автомобильные дороги, особенно если они хорошего качества, могут усиливать интенсификацию маятниковых миграций и способствовать сохранению даже мелких СНП [4].

Интересно отношение к дорогам (в первую очередь автомобильным) тех видов СНП, которые не имеют, на первый взгляд, прямой с ними связи. Это долинно-овражные и приводораздельные селения, которые и были выделены нами без «оглядки» на дорожную сеть.

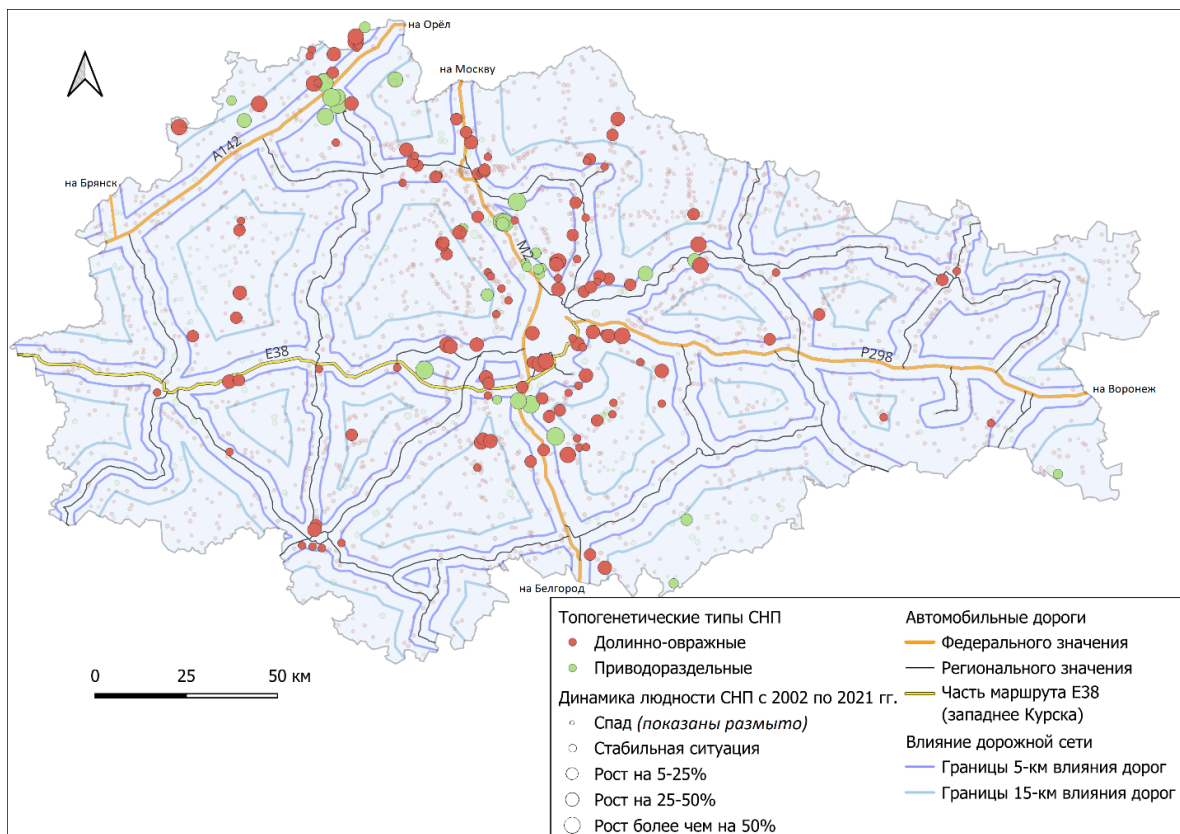


Рис. 4. Удаленность долинно-овражных и приводораздельных СНП Курской области от дорожной сети
Fig. 4. Remoteness of valley-ravine and watershed RS of Kursk Region from the road network

Зоны влияния важнейших автомобильных дорог федерального и регионального значения – до 5 км, от 5 до 15 км, более 15 км – выбраны с позиции средней скорости пешего человека: так, часовая пешеходная доступность примерно равна 5 км.

Большая часть (56 %) растущих и стабильных приводораздельных СНП расположена на минимальном удалении от автомобильных путей – в пятикилометровой зоне, 30 % – в зоне 5–15 км, меньшая часть (19 %) – на

максимальном удалении. Соотношение для долинно-овражных селений примерно то же, но оно чуть более сглажено: 52 % СНП вблизи от дорог, четверть – в рамках трехчасовой доступности, а 18 % наиболее удалены от них. При этом важнейшие автодороги – федеральные – концентрируют в своей пятикилометровой зоне половину всех растущих и стабильных селений обоих типов.

Северо-восточная часть области, а также своеобразный треугольник с вершинами Курск – Льгов – Фатеж иллюстрируют ослабление влияния дорог по мере удаления населенных пунктов от них: большинство вымирающих селений локализовано в ареалах, ограниченных лишь одной «изолинией» 15 км.

В то же время немалое число вымирающих долинно-овражных СНП также расположено в границах пятикилометрового влияния автодорог, особенно на западе в Хомутовском районе и на востоке в Советском. Периферийное и пограничное положение и особенности почв Хомутовского района сглаживают наличие пересечения двух федеральных трасс. Вероятно, последнее даже способствует усилению оттока жителей: например, потенциально привлекателен Железногорск, до которого по трассе А142 в северо-восточном направлении 60–70 км. Советский же район к началу XXI в. потерял транспортные функции. Его административный центр – поселок городского типа Кшенский – ранее аккумулировал логистическую инфраструктуру при железнодорожной ветке Курск – Воронеж, расположенной вблизи перекрестка автодорог регионального значения. Можно предположить, что долинно-овражные и приводораздельные поселения вблизи данных дорог за последние десятилетия угасали по причине потери административным центром транспортных функций.

Таким образом, существенна дифференциация в размещении растущих и вымирающих долинно-овражных и приводораздельных селений по отношению к транспортным путям. Динамика численности их населения зависит от совокупности факторов. Но можно констатировать, что эти пункты, не приуроченные непосредственно к автодорогам, в настоящее время испытывают их влияние, которое может как положительно, так и отрицательно сказываться на жизнеспособности селений. Общая закономерность такова: среди всех растущих и стабильных селений большая часть локализована вблизи автотранспортных путей, а среди всех вымирающих селений – вдали от подобных магистралей.

Селения, непосредственно связанные с дорогами, а именно *притрактовые и смешанные*, могут быть приурочены как к автомобильным дорогам разных классов, так и к железным. Кроме того, выявлены СНП, тяготеющие одновременно к автомобильной и железной дороге, расположенным рядом друг с другом (полимагистральям). Данные типы СНП были дополнительно разделены на три группы каждый:

- селения на автомобильных дорогах (74 притрактовых и 58 смешанных);
- селения на железных дорогах (36 притрактовых и 33 смешанных);
- селения на полимагистральных (28 притрактовых и 22 смешанных).

Притрактовые пункты (рис. 5А) составляют 5 % всех СНП Курской области (138 селений) и демонстрируют в целом относительно благоприятную демографическую ситуацию. Из них растущих и стабильных – 24 %. Их основное число локализовано в центре области – у перекрестков главнейших транспортных путей, проходящих через Курск. Важно отметить, что из автодорог к главнейшим относятся федеральные трассы М2 и Р298, а также часть европейского маршрута Е38, идущего от Курска на запад вплоть до государственной границы. К основным железнодорожным линиям относится транзитная магистраль, ведущая из Москвы в Белгород, и ветки из Курска на Воронеж и на Льгов. Таким образом, общее направление главных автодорог и железных дорог совпадает: они пересекают область с севера на юг и с запада на восток.

Притрактовые СНП, испытывающие спад численности населения, размещены в основном на периферии, а также занимают всю восточную часть региона.

Заметна разница между федеральными автодорогами разных классов (рис. 5). Несмотря на то, что число селений, приуроченных к дорогам М2 и Р298, одинаковое, СНП, прилегающие к трассе на Москву, практически не вымирают. Только 2 селения (10 %), расположенные на дороге Курск – Воронеж, можно отнести к растущим и не теряющим жителей.

Динамика людности каждой из трех групп притрактовых СНП схематично представлена на рис. 6. На столбчатых диаграммах знаком плюс обозначены растущие пункты, знаком минус – вымирающие, нуль означает стабильное состояние селений. Самой устойчивой группой являются селения, приуроченные к полимагистральям. СНП у железнодорожных линий (вне узлов) в настоящее время наиболее уязвимы: рост тех немногих селений, которые не потеряли жителей, обусловлен их пригородным положением (близ Курска и Железногорска).

Уязвимость прочих связана с тем, что поселкообразующая роль железных дорог в регионе в последние десятилетия угасла. В Центральном Черноземье наблюдается высокая степень корреляции между малым городом и железной дорогой [17]. Однако, скорее всего, железные дороги, расположенные вдали от автомобильных путей и вне транспортных узлов, не оказывают сейчас положительного влияния на сельские населенные пункты, приуроченные к ним.

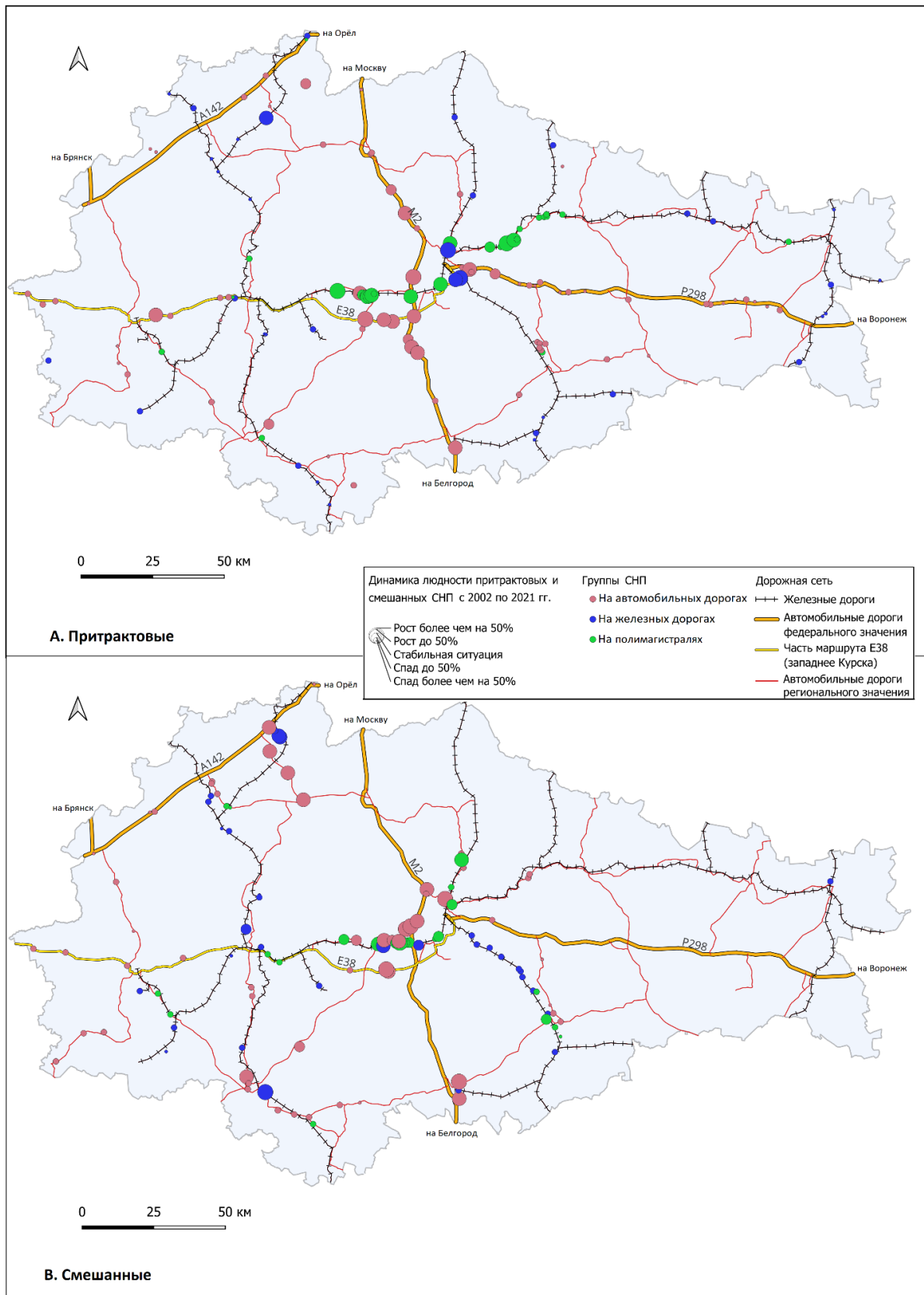


Рис. 5. Локализация придорожных и смешанных СНП на территории Курской области
Fig. 5. Localization of roadside and mixed RS in the territory of the Kursk Region

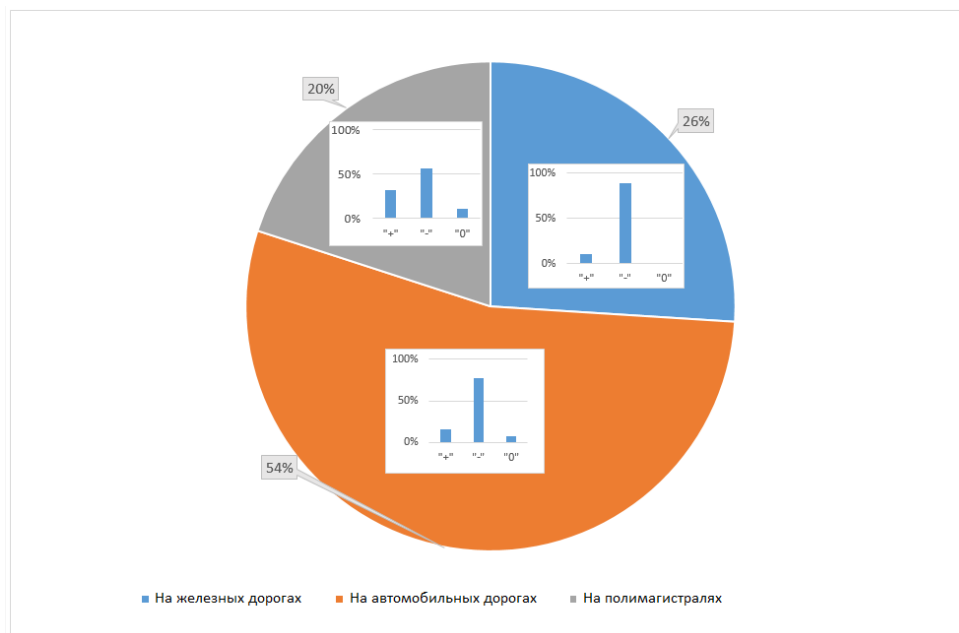


Рис. 6. Распределение притрактовых селений по группам и динамика их людности с 2002 по 2021 г.
Fig. 6. Distribution of roadside settlements by groups and the dynamics of their population from 2002 to 2021

Смешанные селения – наиболее интересный, на наш взгляд, тип СНП. Он самый малочисленный (лишь 4 % от общего числа селений), но занимает второе место среди всех типов по людности и является самым крупноселенным (табл. 1). Возникшие в первую очередь на реках, а уже затем примкнувшие к различного рода «трактам», эти поселки и деревни являются весьма жизнеспособными, ведь из них почти каждый третий за последние 20 лет растет или остается со стабильным населением.

Одной из главных пространственных характеристик смешанных селений является их отношение к рекам, близ которых они расположены.

Для анализа были также взяты главные реки и все прочие постоянные водотоки (табл. 2). К тем и к другим примыкает примерно одинаковое число смешанных селений, но к главным несколько меньше. И все же СНП при главных реках являются самыми устойчивыми – 36 % из них растут и не теряют население, тогда как среди селений при прочих реках подобных лишь 26 %. При этом лучшую динамику показывают СНП на автодорогах и полимагистральных.

Таблица 2
Table 2

Приуроченность смешанных сельских населенных пунктов разных групп к рекам
The confinement of mixed RS of different groups to rivers

	Смешанные СНП					
	На автомобильных дорогах		На железных дорогах		На полимагистральных	
	Всего	Растущих и стабильных	Всего	Растущих и стабильных	Всего	Растущих и стабильных
Главные реки	21	10	14	1	17	8
Прочие реки	37	9	19	5	5	2

Основные тренды размещения и динамики людности притрактовых и смешанных СНП вполне сопоставимы. Близко соотношение групп: автодорожных селений больше всего (чуть более половины), железнодорожных около 30 %, меньшую часть составляют СНП на обоих типах дорог. Те же слабые показатели у железнодорожных пунктов – из 33 таких СНП выросли за это время только 4. Заметна та же верность многих растущих селений главным элементам опорного каркаса – крупным узлам (транспортным, промышленным, логистическим), которыми в Курской области являются города Курск, Железногорск, Курчатов.

Разумеется, между притрактовыми и смешанными СНП в части закономерности их локализации и динамики есть и отличия. Интересно, что СНП на федеральных автодорогах – почти исключительно притрактовые, не имеющие «своих» рек, тогда как на главной железнодорожной магистрали – из Москвы в Белгород – пунктов смешанного типа в два раза больше, чем притрактовых. Кроме того, в восточной части области почти нет смешанных селений, крайние очаги их распространения находятся вдоль железной дороги на Белгород (рис. 5).

Таким образом, топографическое положение сельских населенных пунктов Курской области и их близость к транспортным путям является важным фактором демографического развития данных селений. Наименее устойчивы

пункты, лежащие вне крупных рек (в первую очередь на водоразделах), на максимальном удалении от основных автотранспортных путей либо вблизи железных дорог, но вне транспортных и промышленных узлов. Рост демонстрируют в основном селения, расположенные у главных рек близ крупных автодорог либо полимагистралей.

Важным этапом изучения демографической устойчивости селений является прогноз – обоснованное научное предположение о том, какова будет демографическая ситуация через годы, сохранятся ли намеченные тренды. Используя простые методы *демографического прогнозирования*, можно составить среднесрочный прогноз: его период, как правило, составляет от 5 до 30 лет [6].

При формировании прогноза для Курской области нами применялся метод экстраполяции Ричардсона с использованием не линейной, а экспоненциальной функции. По мнению П. Л. Кириллова [8] и И. В. Закирова [7], данный метод относится к инструментам геодемографического прогнозирования. Он применим в тех случаях, когда предполагаются слабые колебания рождаемости и смертности и сохранение относительных уровней прироста (убыли) численности населения. В связи с событиями 2024–2025 гг., когда Суджанский район оказался в оккупации и зоне боевых действий и из девяти западных районов Курской области были вынуждены уехать более 100 тыс. чел., приведенный здесь прогноз будет не совсем корректен. Тем не менее в данном исследовании главным было проследить общую вероятность демографических изменений для каждого из выделенных типов СНП и сравнить их: сохранятся ли явные различия между типами, проявится ли трансформация темпов спада людности. Поэтому в данном конкретном случае было решено не учитывать геополитическую обстановку.

Формула для расчета перспективной численности населения выглядит следующим образом:

$$P_t = P_0 * e^{rt}, \quad (1)$$

где P_t – перспективная численность населения; P_0 – исходная численность населения; e – основание натуральных логарифмов; r – среднегодовой непрерывный темп прироста; t – количество лет, на которое составляется прогноз.

Величина среднегодового непрерывного темпа прироста рассчитывается на основе уже имеющихся данных по формуле (2):

$$r = (\ln P_1 - \ln P_0) \div t, \quad (2)$$

где P_0 – численность населения на начало периода; P_1 – численность населения на конец периода; t – количество лет, составляющих период.

С целью получения более точного прогноза, а также максимально корректного сравнения показателей была рассчитана численность населения каждого из типов СНП за 2010 г. – также по материалам Всероссийской переписи. Таким образом, была спрогнозирована перспективная численность сельского населения Курской области и всех выделенных типов селений на 2031 г. (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Прогноз численности населения топогенетических типов сельских населенных пунктов в Курской области в 2031 г.

Population forecast for the topogenetic types of RS in the Kursk Region in 2031

	Людность в 2002 г., чел.	Людность в 2010 г., чел.	Спад людности 2010 г. по отношению к 2002 г., %	Людность в 2021 г., чел.	Спад людности в 2021 г. по отношению к 2010 г., %	Перспектив- ная численность населения в 2031 г., чел.	Спад людности в 2031 г. по отношению к 2021 г., %
Всего	479 478	392 215	18,2	341 634	12,9	299 987	12,2
Долинно-овражные	321 210	252 499	21,4	211 962	16,1	180 622	14,8
Приводораздельные	47 458	36 873	22,3	30 161	18,2	25 193	16,5
Притрактовые	36 821	33 171	9,9	30 700	7,4	28 624	6,8
Смешанные	73 989	69 672	5,8	68 811	1,2	67 990	1,2

Полужирным шрифтом в таблице выделены значения динамики людности за сходные отрезки времени (в среднем приблизительно по 10 лет). В реальном выражении наблюдается замедление темпов спада, что можно охарактеризовать как незначительное улучшение демографической обстановки. Так, показатели для долинно-овражного типа снижаются с 2021 г. на 1,3 %; для приводораздельных СНП – на 1,7 %; для притрактовых – на 0,6 %. Лишь у смешанного типа темп динамики с 2021 г. не изменится. И все же пик скорости убывания населения, скорее всего, уже пройден.

Подтверждается тренд, намеченный двумя прошедшими десятилетиями, в отношении динамики людности разных типов СНП. По направлению от наименее к наиболее устойчивым топогенетические типы селений будут расположены в том же порядке, что и сейчас:

- приводораздельные;
- долинно-овражные;
- притрактовые;
- смешанные.

Больше всего жителей потеряют долинно-овражные и приводораздельные СНП, меньше всего – притрактовые и смешанные.

Заключение

В Курской области в XXI в. так же, как и во всей России, происходит трансформация системы сельского расселения, характеризующаяся сжатием сельского пространства и общим спадом людности СНП. Однако демографическая ситуация в области неоднородна: наблюдается пространственная дифференциация селений с различной демографической динамикой, обусловленная в том числе их положением относительно речной и дорожной сети.

Самые *высокие темпы* вымирания показывают СНП:

- расположенные на водоразделах;
- приуроченные к малым рекам и балкам, находящиеся на расстоянии более 5 км от основных автомобильных дорог;
- стоящие рядом с железнодорожными линиями (в том числе ж/д станции), вне автомобильных дорог и любых крупных транспортных узлов.

Самые *низкие темпы* вымирания показывают СНП:

- расположенные в долинах крупных рек у главных транспортных путей;
- находящиеся вблизи малых рек и балок, в пятикилометровой зоне влияния основных автодорог;
- приуроченные к полимагистралям.

В настоящее время топографическое положение сельских населенных пунктов Курской области и отношение их к дорожной сети следует отнести к важным факторам, определяющим демографическую устойчивость данных селений. При этом не исключается влияние других факторов, оценка которых станет темой последующих исследований.

Прогноз численности населения СНП Курской области на период до 2031 г. также показывает высокую вероятность пролонгации имеющихся трендов в динамике людности каждого из типов, то есть влияние «топогенетики» на жизнеспособность сельских поселений сохранится.

Библиографический список

1. Алексеев А. И., Сафронов С. Г. Типология сельских населенных пунктов европейской части России в современной демографической и социально-экономической ситуации // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 6. С. 55–61. EDN: ZXOJRX
2. Алексеев А. И., Сафронов С. Г., Савоскул М. С., Кузнецова Г. Ю. Основные тенденции эволюции сельского расселения России в XX – начале XXI вв. // ЭКО. 2019. № 4. С. 26–49. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-4-26-49 EDN: FYBUBX
3. Атлас Курской области / Кур. гос. пед. ун-т. М.: Федер. служба геодезии и картографии России, 2000. 48 с.
4. Голусов П. В., Чугунова Н. В. Зброшенне деревни Черноземья: эколога-экистический анализ: монографія. Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2022. 124 с. ISBN: 978-5-9571-3375-9 EDN: YCSPPL
5. Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен: монографический сборник. М.: ОГИ, 2001. 560 с.
6. Демография / под ред. В. Г. Глушковой, Ю. А. Симагина. М.: Кнорус, 2013. 304 с.
7. Закиров И. В., Боголюбов А. В. Географические аспекты демографических методов прогнозирования // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2020. № 4(208). С. 75–80. DOI: 10.18522/1026-2237-2020-4-75-80 EDN: VOYFCH
8. Кириллов П. Л. Региональное демографическое прогнозирование: методические возможности геодемографического подхода // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: сб. науч. стат. Смоленск, 2011. С. 342–346. EDN: UBHSMV
9. Ковалев С. А. Избранные труды. Смоленск: Ойкумена, 2003. 438 с.
10. Лихачева Т. Н., Короленко А. В., Калашиников К. Н. Демографический прогноз численности сельского населения Северо-Западного федерального округа // Проблемы развития территории. 2016. № 6(86). С. 112–131. EDN: XBSQRT
11. Овсянников А. С. Современные процессы расселения населения староосвоенного региона России (на примере Воронежской области): дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 2014. 222 с. EDN: NSLTH
12. Панков С. В. Бассейновый подход в исследовании сельского расселения // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика 2021: сборник научных статей VII Всероссийской научной конференции с международным участием, Смоленск, 15–17 октября 2021 года. Смоленск: Смоленский государственный университет, 2021. С. 158–163. EDN: CAJXEB
13. Панков С. В. География сельских поселений Центрального Черноземья (эволюция, морфология, структура селитебных территорий): дис. ... д-ра геогр. наук. Воронеж, 2011. 246 с. EDN: QFLKUR
14. Переписи населения // Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Курской области: сайт. URL: https://46.rosstat.gov.ru/population_census (дата обращения: 30.01.2025)
15. Попкова Л. И. Проблемы территориальной организации Центрального Черноземья // Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: сборник научных статей. Смоленск: Универсум, 2016. С. 326–334. EDN: XKPRSL
16. Попкова Л. И. Трансформация сельского расселения населения российско-украинского приграничья // Россия и ее регионы в полимасштабных интеграционно-дизинтеграционных процессах: материалы международной научной конференции в рамках VIII Ежегодной научной ассамблеи Ассоциации российских географов-обществоведов. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. С. 152–156.
17. Попкова Л. И., Оломский А. А. Влияние железных дорог на демографическое развитие малых городов Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 2. С. 54–62. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2024/2/54-62 EDN: UYNJSH
18. Семенов-Тянь-Шанский В. П. Город и деревня в Европейской России: очерк по социально-экономической географии. СПб: Тип. В.Ф. Киршбаума, 1910. 212 с.
19. Система расселения // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/sistema-rasseleniia-4e742c> (дата обращения: 10.02.2025)
20. Яковлева С. И. Сельское расселение в междуречьях малых рек. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2022. 84 с. EDN: CMBKGZ

References

1. Alekseev A.I., Safronov S.G. Typology of rural settlements in the European part of Russia under recent demographic and socio-economic situation. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*. 2017, no. 6, pp. 55–61. (In Russ.)
2. Alekseev A. I., Safronov S. G., Savockul M. S., Kuznetsova G. Yu. The Main Trends in the Evolution of Rural Settlement in Russia in the XX – early XXI Centuries. *ECO*, 2019, no. 4, pp. 26–49. (In Russ.) DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-4-26-49
3. Atlas Kurskoi oblasti [Atlas of Kursk region]. Kur. gos. ped. un-t. M.: Feder. sluzhba geodezii i kartografii Rossii, 2000. 48 p. (In Russ.)
4. Goleusov P. V., Chugunova N. V. Zabroshennye derevni Chernozem'ya: ekologo-ekisticheskii analiz [Abandoned villages of the Black Earth region: ecological-ecistic analysis]. Belgorod: ID «BelGU» NIU «BelGU», 2022, 124 p. (In Russ.)
5. Nefyodova T. G., Polyana P. M., Trejvish A. I. *Gorod i derevnya v Evropeiskoi Rossii: sto let peremen*: Monograficheskii sbornik. [City and Village in European Russia: One Hundred Years of Change: Monographic Collection]. Moscow: OGI, 2001, 560 p. (In Russ.)
6. Glushkova V.G., Simagin Yu.A. *Demografiya* [Demographics]. Ed. by V. G. Glushkovi, Yu. A. Simagina. Moscow: Knorus, 2003, 304 p. (In Russ.)
7. Zakirov I. V., Bogolyubov A. V. Geographical aspects of demographic forecasting methods. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2020, no. 4(208), pp. 75–80. (In Russ.)
8. Kirillov P. L. Regional'noe demograficheskoe prognozirovaniye: metodicheskoe vozmozhnosti geodemograficheskogo podkhoda [Regional demographic forecasting: methodological possibilities of the geodemographic approach]. In *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya metody, praktika: Collection of scientific articles*. Smolensk, 2011, pp. 342–346. (In Russ.)
9. Kovalev S. A. *Izbrannye trudy* [Selected Works]. Smolensk: Ojkumena. 438 p. (In Russ.)
10. Likhacheva T. N., Korolenko A. V., Kalashnikov K. N. Demograficheskii prognoz chislennosti sel'skogo naseleniya Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga [Demographic forecast of the rural population of the Northwestern Federal District]. *Problemy razvitiya territorii*, 2016, no 6(86), pp. 112–131. (In Russ.)
11. Ovsyannikov A. S. *Sovremennyye protsessy rasseleniya naseleniya staroosvoennogo regiona Rossii (na primere Voronezhskoi oblasti)* [Modern processes of population resettlement in the old developed region of Russia (using the Voronezh region as an example)]. Cand.Sc. dissertation. Voronezh State University, Voronezh. 222 p. (In Russ.)
12. Pankov S. V. Basseinovy podkhod v issledovanii sel'skogo rasseleniya [Basin approach in the study of rural settlement]. In *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya, metody, praktika 2021: Sbornik nauchnykh statei VII Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Smolensk, 15–17 oktyabrya 2021 goda*. Smolensk: Smolenskii gosudarstvennyi universitet, 2021, pp. 158–163. (In Russ.)
13. Pankov S.V. *Geografiya sel'skikh poselenii Tsentral'nogo Chernozem'ya (evolyutsiya, morfologiya, struktura selitebnykh territorii)* [Geography of rural settlements of the Central Black Earth Region (evolution, morphology, structure of residential areas)] D.Sc. dissertation. Voronezh, 2011, 246 p. (In Russ.)
14. Perepisi naseleniya [Population censuses]. *Official website of the Territorial Authority of the Federal State Statistics Service for Kursk Oblast*. website. URL: https://46.rosstat.gov.ru/population_census (Accessed 30 January 2025) (In Russ.)
15. Popkova L. I. Problemy territorial'noi organizatsii Tsentral'nogo Chernozem'ya [Problems of territorial organization of the Central Black Earth Region]. In *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya: istoriya, teoriya, metody, praktika: collection of scientific articles*. Smolensk: Universum, 2016, pp. 326–334. (In Russ.)
16. Popkova L. I. Transformatsiya sel'skogo rasseleniya naseleniya rossiisko-ukrainskogo prigranich'ya [Transformation of rural settlement of the population of the Russian-Ukrainian borderland]. In *Rossiya i ee regiony v polimasshtabnykh integratsionno-dezintegratsionnykh processah: Proceedings of the international scientific conference within the framework of the VIII Annual Scientific Assembly of the Association of Russian Social-Geographers*. Perm: Perm State National Research University, 2017, pp. 152–156. (In Russ.)
17. Popkova L. I., Olomsky A. A. Impact of Railroads on Demographic Development of Small Towns in the Central Black Soil Region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2024, no. 2, pp. 54–62. (In Russ.)
18. Semenov-Tyan-Shanskii V. P. *Gorod i derevnya v Evropeiskoi Rossii: ocherk po sotsial'no-ekonomicheskoi geografii* City and village in European Russia: an essay on socio-economic geography]. S.-Petersburg. 212 p. (In Russ.)
19. Settlement system // Great Russian Encyclopedia. URL: <https://bigenc.ru/c/sistema-rasseleniia-4e742c> (Accessed 10 February 2025). (In Russ.)
20. Yakovleva S. I. Sel'skoe rasselenie v mezhdurech'yakh mal'nykh rek. [Rural settlement in the interflaves of small rivers]. Tver: Tver State University. 84 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию: 03.04.25, одобрена после рецензирования: 01.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 3 April 2025; approved after review: 1 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторе

Игорь Иванович Жуков

Аспирант кафедры географии,

Курский государственный университет;

305004, Россия, г. Курск, ул. Радищева, 33

Information about the author

Igor I. Zhukov

Postgraduate Student, Department of Geography,

Kursk State University;

33, Radishcheva st., Kursk, 305004, Russia

e-mail: igoryan228.zhukov@ya.ru

ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556.555.7

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-76-85

EDN: XWAGKG

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА
Р. КАМЫ (КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА) В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
В РАЙОНЕ СОЛИКАМСКО-БЕРЕЗНИКОВСКОГО ПРОМУЗЛА****Анатолий Павлович Лепихин¹, Андрей Владимирович Богомолов², Максим Андреевич Опутин³,
Татьяна Николаевна Синцова⁴**¹ Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Камский филиал, г. Пермь, Россия^{1, 2, 3, 4} Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь, Россия¹ lepihin49@mail.ru, eLibrary Author ID: 147950, Scopus ID: 56370650100, SPIN-код: 7621-8001² whitewing85@mail.ru, eLibrary Author ID: 1004685, Scopus ID: 57211970385, SPIN-код: 2835-5475³ maksimoputka@yandex.ru, eLibrary Author ID: 1237235, SPIN-код: 7710-7577⁴ tanya_sinzova@mail.ru, eLibrary Author ID: 1226076, Scopus ID: 57474212500, SPIN-код: 7569-1702

Аннотация. Добыча и обогащение руд калийных и магниевых солей на месторождениях требуют расхода значительного количества водных ресурсов. Близость таких предприятий не может не влиять на качество воды в водных объектах. Хлориды являются основным лимитирующим показателем качества воды в р. Каме (Камском водохранилище) в районе Соликамско-Березниковского промузла. На основе материалов учащенных измерений содержания хлоридов в зимний период рассмотрены факторы и механизмы, определяющие изменения их концентраций. Установлено значимое увеличение данного показателя в период зимней межени. В то же время в данный период, по данным гидрологического поста р. Кама – пгт Тюлькино, расходы весьма стабильны. Для анализа наблюдаемых особенностей была проведена детализированная оценка наблюдаемых потоков поллютантов. Было показано наличие отчетливой, статистически значимой связи между увеличением привноса хлоридов и снижением уровня воды р. Камы. Показано, что данная особенность может быть достаточно хорошо объяснена наличием латентных источников загрязнения, характеризующихся фильтрационным механизмом поступления в водный объект.

Выполненные балансовые оценка показали, что суммарный вклад таких источников может превышать 60 % в общем потоке хлоридов. При этом их доля существенно возрастает по мере сработки водохранилища.

Обоснована принципиальная недостаточность частоты отбора и проведения анализа проб воды на гидрологических постах сети Росгидромета. Наблюдения с частотой один раз в месяц не могут корректно отражать динамику гидрохимических процессов на водных объектах, подверженных значительным антропогенным нагрузкам.

Рассмотренные особенности формирования гидрохимического режима необходимо учитывать при регламентации техногенных воздействий на водные объекты, расположенные в зонах активного техногенеза.

Ключевые слова: водохранилища, качество воды, водоснабжение, зимний период

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания «Исследование закономерностей эволюции гидросферы в районах интенсивного недропользования с целью минимизации экологического риска и обеспечения устойчивости водопользования» (рег. номер НИОКТР: 124020500053-6)

Для цитирования: Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н. Особенности формирования гидрохимического режима р. Камы (Камского водохранилища) в зимний период в районе Соликамско-Березниковского промузла // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 76–85. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-76-85 EDN: XWAGKG



HYDROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-76-85

EDN: XWAGKG

FORMATION OF THE KAMA RIVER (KAMA RESERVOIR) HYDROCHEMICAL REGIME IN WINTER IN THE AREA OF SOLIKAMSK-BEREZNIKI INDUSTRIAL HUBAnatoliy P. Lepikhin¹, Andrei V. Bogomolov², Maksim A. Oputin³, Tatyana N. Sintsova⁴¹ Federal State Budgetary Institution Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Kama Branch, Perm, Russia^{1, 2, 3, 4} Mining Institute of the Ural Branch of the RAS, Perm, Russia¹ lepihin49@mail.ru, eLibrary Author ID: 147950, Scopus ID: 56370650100, SPIN-code: 7621-8001² whitewing85@mail.ru, eLibrary Author ID: 1004685, Scopus ID: 57211970385, SPIN-code: 2835-5475³ maksimoputka@yandex.ru, eLibrary Author ID: 1237235, SPIN-code: 7710-7577⁴ tanya_sintsova@mail.ru, eLibrary Author ID: 1226076, Scopus ID: 57474212500, SPIN-code: 7569-1702

Abstract. Mining and concentration of potash and magnesium salt ores at the deposits require the consumption of significant amounts of water resources. These industries have a strong impact on local water bodies. Chlorides are the main limiting indicator of water quality in the Kama River (Kama Reservoir) in the area of Solikamsk-Berezniki industrial hub. On the basis of data from frequent measurements of chloride content in the winter period, the paper investigates the factors and mechanisms determining changes in the concentrations of chlorides. A significant increase of this indicator during the winter low-water period has been established. At the same time, according to the data from the Kama River hydrological post at Tyulkino settlement, the discharge is very stable in this period. To analyze the observed features, a detailed assessment of the pollutant fluxes was carried out. The study has revealed a clear, statistically significant relationship between the increase in chloride fluxes and the decrease in the water level of the Kama River. The paper shows that this feature can be explained by the presence of latent sources of pollution, characterized by a filtration mechanism of inflow into the water body.

The performed balance estimations have shown that the total contribution of such sources can exceed 60% in the total chloride flux. At the same time, their share significantly increases with the reservoir drawdown.

The paper substantiates the insufficiency of the frequency of water sampling and analysis at hydrological posts of the Roshydromet network. Monthly observations cannot correctly reflect the dynamics of hydrochemical processes in water bodies subjected to significant anthropogenic loads.

The considered features of the hydrochemical regime formation should be taken into account when regulating anthropogenic impacts on water bodies located in the zones of active technogenesis.

Keywords: water reservoir, water quality, water supply, winter period

Funding. The study was carried out with the financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state assignment “Study of the evolutionary patterns of the hydrosphere in areas of intensive subsoil use in order to minimize environmental risks and ensure sustainable water use” (R&D registration number: 124020500053-6).

For citation: Lepikhin A. P., Bogomolov A. V., Oputin M. A., Sintsova T. N. Formation of the Kama River (Kama Reservoir) hydrochemical regime in winter in the area of Solikamsk-Berezniki industrial hub. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 76–85. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-76-85 EDN: XWAGKG

Введение

Крупнейшим центром химической промышленности Урала является Соликамско-Березниковский промышленный комплекс, осваивающий одно из самых значительных в мире – Верхне-Камское – месторождение калийных и магниевых солей (ВКМКС). Вследствие добычи, переработки очень большого количества минеральных солей основной водный объект данного района – р. Кама (Камского водохранилище) – испытывает значительные техногенные нагрузки. В ранее выполненных исследованиях [9; 11; 13–16] было показано, что характерной гидрохимической особенностью рассматриваемого водного объекта в теплый период при уровнях воды, близких к НПУ, является формирование значительной вертикальной неоднородности водных масс. Наблюдаемая стратификация носит периодический характер и имеет продолжительность 5–10 суток, оказывая негативное влияние как на хозяйственное использование, прежде всего для целей водоснабжения, так и экологическое состояние водного объекта. В то же время в зимний период при значительной сработке водохранилища вертикальное расслоение водных масс не наблюдается или оно очень слабо [12]. В целом достаточно большое количество работ посвящено изучению гидрохимического режима Камского водохранилища [1; 3–8; 13–17]. При этом существенное внимание уделено построению моделей гидродинамического режима рассматриваемых процессов [16; 22], применению новых технологий (логгеров записей уровня и уд. электропроводности воды) [13].

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

Для данного района с очень высокой техногенной нагрузкой принципиальное значение имеет полнота и детальность учета источников загрязнения, поступающих в водный объект.

Существуют различные системы классификаций воздействий, оказываемых на водные объекты. При этом за основу могут положены те или иные признаки этих воздействий. Их определяющие признаки формируются характером решаемой задачи. Так, при установлении нормативов НДС рассматриваются актуальные [19], точечные источники. В то же время диффузные источники [2; 21], которым в последние годы стало уделяться повышенное внимание, являются рассредоточенными, характеризуются невысокой удельной интенсивностью $q \text{ уд} = \left[\frac{r}{\text{сек} \cdot \text{м}^2} \right]$, а также фильтрационным механизмом привноса поллютантов в водные объекты. При этом в отличие от точечных источников загрязнения, с позиции управления, данные источники не только не регламентируются, но и не декларируются, фактически они являются латентными, скрытыми, их характер, интенсивность могут устанавливаться только косвенным признакам, как правило, по балансовым оценкам. Для их минимизации, борьбы с данным видом загрязнения необходимы оценка их интенсивности и установление механизмов формирования источников загрязнения. При этом одним из важнейшим показателей, характеризующих механизм формирования источников загрязнения, является характер зависимости содержания лимитирующих загрязняющих веществ от расхода воды водотока приемника, особенностей внутригодовых колебаний этих зависимостей. Он определяется особенностями поступления и поведения рассматриваемых поллютантов в водных объектах. Укрупненная оценка диффузного загрязнения, поступающего в р. Кама в результате деятельности Соликамско-Березниковского промузла, была дана в [10].

Детализация и конкретизация таких оценок может быть выполнена на основе совершенствования систем наблюдения за состоянием водного объекта, а также данных, полученных в результате наблюдений, проводимых в последние годы.

Проведенная обработка материалов ежесуточных наблюдений за гидрохимическим режимом р. Камы в рассматриваемом районе позволила зафиксировать в зимний период рост содержания хлоридов при стабильном гидрологическом режиме или даже некотором росте расходов воды. Установлению механизма этого явления, имеющего принципиальное значение для организации устойчивой системы водопользования, посвящена данная работа. При этом необходимо учитывать следующее важное обстоятельство: интенсивность декларируемых, регламентируемых источников, как правило, $q \sim \text{const}$, а латентных, связанных с фильтрационными разгрузками, $- q \sim f(Q)$. Анализ и характер этих зависимостей должен использоваться при оценке интенсивности и механизма формирования латентных источников.

Роль и характер формирования латентного загрязнения наиболее удобно оценивать при минимальных расходах воды, когда его особенности проявляются более существенно. При этом принципиальное значение имеют частота и детальность проведения гидрохимических наблюдений. Для установления механизмов формирования качества воды для таких достаточно сложных объектов, как водохранилища, расположенных в зонах активного техногенеза, использование материалов наблюдений с частотой измерений один раз в месяц, что характерно для сетевых наблюдений для Росгидромета, не корректно [11; 14; 15]. Данной частоты измерений также совершенно недостаточно для обеспечения требуемой устойчивости функционирования современных систем технического водоснабжения [11]. Поэтому для обеспечения требуемой детальности измерений на крупных водозаборах организуется ведомственная система контроля качества забираемой воды со значительной большей частотой измерений $- v \sim 1/\text{сут}$. Материалы таких наблюдений были положены в основу данных исследований.

Материалы и методы

Рассматриваемый в работе район расположен в северной части Пермского края, в зоне переменного подпора Камского водохранилища. На рисунке 1 представлена карта-схема исследуемого участка, отдельно выделены: фоновый гидрологический пост – р. Кама – пгт Тюлькино, три притока в г. Соликамске: р. Усолка, р. Чёрная, р. Поповка; два притока в районе г. Березники: р. Толыч и р. Лёнва; контрольный створ – водозабор АО «БСЗ» и гидрологический пост в г. Березники. Длина исследуемого участка от фонового створа до г. Березники составляет 57,3 км.

При построении расчетных эмпирических зависимостей необходимо в первую очередь использовать непосредственно измеряемые параметры. В рамках регулярных сетевых наблюдений Росгидромета прямые измерения с частотой два раза в сутки в исследуемом районе проводятся за уровнями воды на створах р. Кама – пгт Тюлькино и г. Березники. Соответствующие им значения расходов определяются расчетным путем на основе зависимостей $Q=f(H)$. Оценка содержания химических веществ на данных створах проводится со значительной меньшей частотой $v = \frac{1}{\text{мес}}$.

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.



Рис. 1. Карта-схема исследуемого участка от пгт Тюлькино до г. Березники
 Fig 1. Schematic map of the study area from Tyulkiino settlement to Berezniki city

Обработка ранее выполненных наблюдений позволила установить следующую монотонно убывающую зависимость между содержанием в воде основного лимитирующего показателя качества воды для данного водного объекта – содержания ионов хлора и расходом воды (рис. 2).

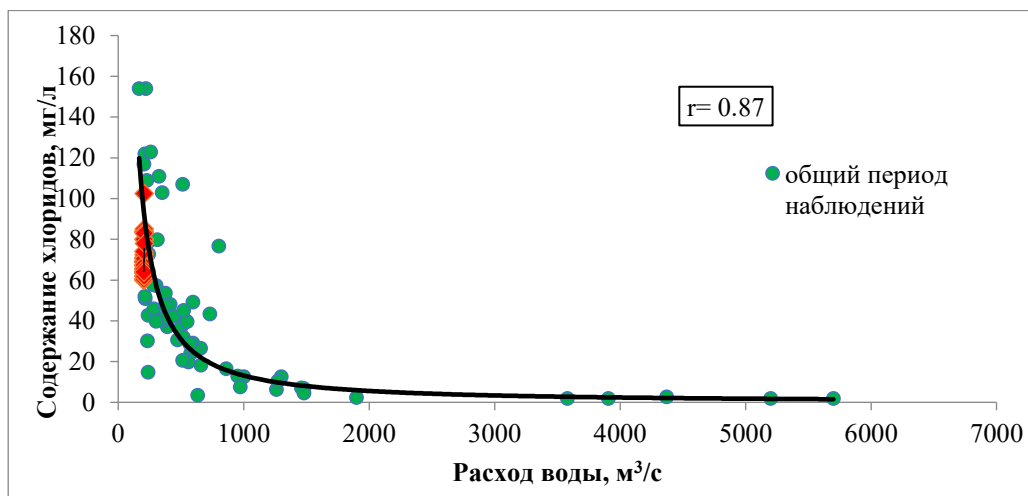


Рис. 2. Зависимость содержания хлоридов от расхода воды на участке у г. Березники
 Fig. 2. Dependence of chloride content on water discharge at the site near Berezniki city

Данное соотношение, построенное при частоте измерений качества воды $\nu \sim \frac{1}{\text{мес}}$ и для всего диапазона изменения расходов воды, отражает простейшее балансовое соотношение между концентрациями хлоридов и расходами воды.

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

Переход на значительно большие частоты измерений показателей качества воды, обусловленные необходимостью повышения надежности функционирования систем технического водоснабжения, позволяет выявить более тонкие аспекты формирования качества воды, наблюдаемые при минимальных зимних расходах воды.

Так, для решения производственных задач ведомственного мониторинга на современных водозаборах, расположенных в зонах активного техногенеза, организуются системы контроля качества забираемой воды с высокой частотой. В данной работе использовались материалы наблюдений на водозаборах АО «БСЗ» и филиала «Азот» АО «ОХК «Уралхим» в г. Березниках.

Результаты и обсуждение

На изучаемом участке в зимний период на пгт Тюлькино наблюдается достаточно стабильный уровень и расход воды, одновременно с этим фиксируется монотонное возрастание содержания хлоридов на водозаборе АО «БСЗ». При этом в силу зимней сработки Камской ГЭС происходит постепенное убывание уровня воды (по данным гидрологического поста г. Березники). В общем случае при стабильном расходе воды и постоянной интенсивности источников загрязнения содержание поллютантов в водотоке не должно возрастать. Однако материалы регулярных наблюдений, представленные на рис. 3–4, не подтверждают данный вывод. Вероятно, на формирование гидрохимического режима р. Камы (Камского водохранилища) в районе г. Березники оказывают существенное влияние фильтрационные разгрузки.

Рассмотрим более детально данный эффект. Содержание (концентрация) консервативных поллютантов в водных объектах определяется соотношением интенсивности процессов привноса поллютантов и их разбавлением. Если интенсивность процессов разбавления в водотоках определяется в первую очередь расходом воды, то их поступление в водный объект будет определяться совокупностью как естественных, так и техногенных факторов. Важнейшим механизмом управления качеством воды водных объектов является декларация и регламентация техногенных источников загрязнения. Регламентация проводится на основе установления для источников загрязнения нормативов допустимых сбросов (НДС). Согласно [19], как правило, устанавливаются нормативы с постоянным разрешенным сбросом, независимым от расхода воды водотока приемника. В то же время неуправляемые источники загрязнения характеризуются, как правило, фильтрационным механизмом.

Согласно традиционной схеме Дарси [20], интенсивность фильтрационной разгрузки должна определяться следующим соотношением:

$$q = C_0 \cdot K \cdot F \cdot \frac{\partial H}{\partial x}, \text{ [кг/с]}, \quad (1)$$

где C_0 – содержание рассматриваемого поллютанта в фильтрующей воде [кг/м^3]; K – коэффициент фильтрации в зоне расположения источников загрязнения [м/сек]; $\frac{\partial H}{\partial x}$ – градиент гидравлического напора между источником фильтрации и уровнем воды в водоеме; F – эффективная площадь фильтрационной разгрузки [м^2].

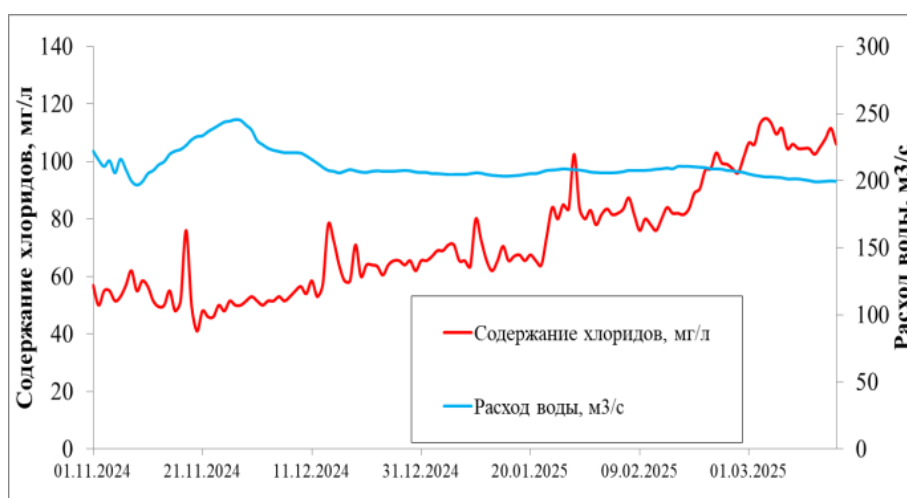


Рис. 3. Динамика содержания хлоридов в водной массе на водозаборе АО «БСЗ» и расходов воды в пгт Тюлькино

Fig. 3. Dynamics of chloride content in water mass at the water intake of AO BSZ (JSC) and dynamics of water discharge in Tyulki settlement

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

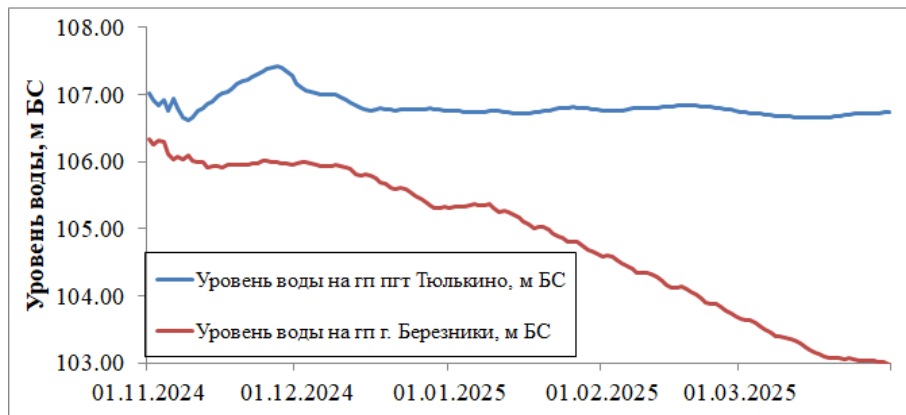


Рис. 4. Хронологический график уровней воды на гп в пгт Тюлькино и г. Березники
 Fig. 4. Chronological graph of water levels at the gauging stations in Tuulkino settlement and Berezniki city

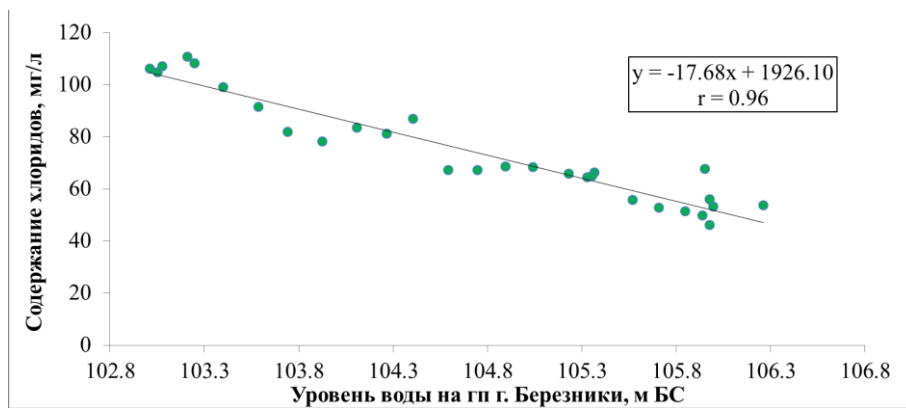


Рис. 5. Зависимость содержания хлоридов в контрольном створе – водозабор БСЗ – от уровня воды
 Fig. 5. Dependence of chloride content in the control site – BSZ water intake – on water level

Наличие компонента $\frac{\partial H}{\partial x}$ обуславливает наличие тесной связи между интенсивность фильтрационной разгрузки и уровнем воды в водотоке приемника.

Дадим оценку этого источника загрязнения. Исходя из элементарных балансовых соотношений в режиме полного перемешивания, имеем

$$C(Q) \approx \frac{C_q \times q + C_\phi \times Q_\phi}{q + Q_\phi} \quad (2)$$

$$\text{При } \frac{q}{Q} \ll 1$$

$$C(Q) \approx C_q \times \left(\frac{q}{Q}\right) + C_\phi(Q), \quad (3)$$

где Q_ϕ – расход воды в фоновом створе водотока приемника; $C(Q)$ – концентрация рассматриваемого загрязнителя в створе полного перемешивания, рассматриваемого как контрольный створ; q – суммарный расход всех водоисточников на участке от фонового до контрольного створа.

C_q – средневзвешенная концентрация рассматриваемого консервативного загрязнителя определяется соотношением:

$$C_q = \frac{\sum_{i=1}^N C_{qi} \times q_i}{\sum_{i=1}^N q_i},$$

где N – общее количество источников загрязнения; C_{qi} – концентрация на i источнике.

Используя соотношение (1), нетрудно записать расчетное соотношение для оценки интенсивности фильтрационной разгрузки применительно к прибрежной зоне водохранилищ:

$$q_{\text{фил}} = F * K * C_0 \frac{(H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) - (H_i - H_{\text{min}})}{L}, \quad (4)$$

или, как нетрудно видеть, преобразуя (4), имеем

$$q_{\text{фил}}(H) = q_q * \left(1 - \frac{H_i - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}\right), \quad (5)$$

где H_{max} (110,00 м БС), H_{min} (101,50 м БС) – максимальный и минимальный уровень воды соответственно, наблюдаемые в водохранилище на ближайшем гидрологическом посту (Камское водохранилище – г. Березники), L – характерное расстояние от источника фильтрационных разгрузок до створа наблюдения.

Если уровень воды в источниках фильтрационных разгрузок можно рассматривать как постоянную величину в силу инерционных эффектов, то уровень воды р. Камы (Камском водохранилище) в районе

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

Соликамско-Березниковского промузла определяет как расход воды по р. Каме, так и режим регулирования Камского водохранилища.

Единственными непосредственно измеряемыми параметрами в данном соотношении являются уровень воды, а также содержание хлоридов в контрольном створе – водозаборе АО «БСЗ». Наблюдения за уровнем режимом производят 2 раза в сутки. Для рассматриваемого водохранилища данная частота наблюдений, как было показано в [11–16], недостаточна, поскольку для данного водоема характерна существенная внутрисуточная изменчивость.

Так как на рассматриваемом участке находятся промышленные предприятия, осуществляющие сброс загрязнителей в р. Каму, для более точной оценки доли фильтрационных разгрузок учитывались декларируемые сбросы массы хлорид-ионов. Рассматривались отдельно сбросы предприятий г. Соликамска в целом, для г. Березники учитывался сброс в рр. Лёнва и Толыч.

Таким образом, содержание хлоридов в контрольном створе – водозаборе АО «БСЗ» – определяется как:

$$C_k(Q) = C_\phi(0) + \frac{\sum q_{\text{дек}}}{Q} + q_{\text{лат}}(1 - P), \quad (6)$$

где $P = \left(\frac{H_i - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} \right)$.

Из этого соотношения следует, что суммарная интенсивность латентных источников должна определяться как:

$$q_{\text{лат}}(1 - P) = C_k(Q) - C_\phi(0) - \frac{\sum q_{\text{дек}}}{Q}. \quad (7)$$

В качестве примера распределения интенсивности поступления массы хлорид-ионов на участке от пгт Тюлькино до г. Березники выбран период с 06.02.2025 по 09.02.2025 (табл. 1), когда в г. Березниках наблюдался показатель содержания хлоридов в воде, равный 100 мг/л. Имея фоновое значение в пгт Тюлькино, показатель декларируемых сбросов в г. Соликамске и г. Березники и учитывая данные в створе водозабора АО «БСЗ», в результате доля латентных источников для рассматриваемого периода составила 62 % от общей массы загрязнителя, поступившей к створу г. Березники.

Таблица 1

Table 1

Интенсивность поступления массы хлорид-ионов на изучаемом участке на период с 06.02.25 по 09.02.25
The intensity of chloride ion mass input in the study area for the period from 6 February 2025 to 9 February 2025

Расстояние от фонового створа, км	Пункт	q , кг/с	Q , м ³ /с
0	пгт Тюлькино	4,05	203
32	г. Соликамск	3,94	206
54	р. Лёнва	<0,01	208
56	р. Толыч	0,18	208
57	г. Березники	21,28	209

Как видно из рисунка, доля латентных источников очень чувствительна к изменению уровня воды. При сработке водохранилища в зимний период увеличивается напор подземных вод на исследуемом участке, что приводит к увеличению скорости фильтрации, и, соответственно, возрастает доля латентных источников в интенсивности поступления загрязнителя.

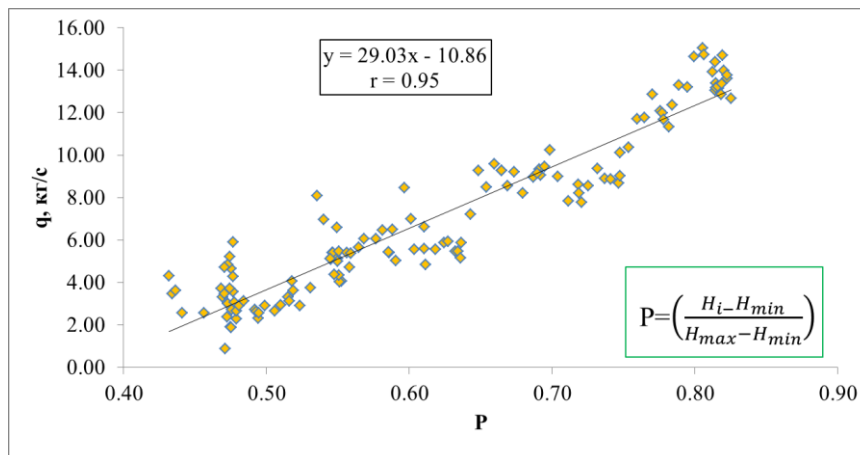


Рис. 6. Зависимость суммарной интенсивности поступления массы хлорид-ионов в виде латентных источников от изменения уровня на акватории г. Березники
Fig. 6. Dependence of the total intensity of chloride ion mass input in the form of latent sources on the level change in the water area of Berezniki city

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

Заключение

Соликамско-Березниковский промышленный комплекс, осваивающий одно из крупнейших в мире месторождений калийных и магниевых солей – ВКМКС, требует для своего устойчивого функционирования не только значительного количества свежей воды нормативного качества, но и оказывает существенное влияние на водные объекты. При этом ситуация заметно усложняется расположением его в зоне переменного подпора Камского водохранилища. Для обеспечения устойчивого водопользования в таких сложных природно-техногенных условиях требуется не только изменение традиционных систем мониторинга, но и более полный учет, а также детальный анализ факторов формирования гидрохимического режима водных объектов. Использование материалов наблюдений с суточной частотой отбора проб воды позволило выявить и оценить интенсивность латентных источников загрязнения хлоридами, обусловленных фильтрационными разгрузками. Вклад этих источников в формирование гидрохимического режима р. Камы (Камского водохранилища) наиболее заметен в зимний период, при этом он постепенно возрастает по мере сработки Камского водохранилища, достигая ~ 70 % к концу марта. Установленная статистическая значимая связь между содержанием хлоридов в водах р. Камы и ее уровнем в районе г. Березники имеет принципиально важное значение как для регламентации, так и для планирования водоохраных мероприятий в районе г. Березники. Это явление объясняется увеличивающимся гидравлическим напором и, соответственно, скоростью фильтрации на исследуемом участке. Проводить подобного рода оценки невозможно на основе данных анализа проб воды, отбираемых с частотой 1/месяц, как это делается на постах сети Росгидромета.

Библиографический список

1. Бурматова Э. А. История гидрохимического изучения Средней Камы (1881–1953 гг.) и Камского водохранилища (1954–1966 гг.) // Гидрология и метеорология. 1969. Вып. 4. С. 79–90.
2. Данилов-Данильян В. И., Полянин В. О., Фацевская Т. Б., Кирпичникова Н. В., Козлова М. А., Веницианова Е. В. Проблема снижения диффузного загрязнения водных объектов и повышение эффективности водоохраных программ // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 5. С. 503–514. DOI: 10.31857/S0321059620050053 EDN: LTEFWL
3. Двинских С. А., Китаев А. Б. Особенности формирования химического состава поверхностных вод гумидной зоны (на примере Пермского края) // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2011. № 2. С. 31.
4. Девяткова Т. П. Влияние некоторых гидродинамических факторов на минерализацию воды Камского водохранилища и на содержание в ней главных ионов // Гидрохимические материалы. 1984. Т. 87. С. 37–45.
5. Девяткова Т. П. Основные показатели динамики вод Камских водохранилищ – факторы формирования их гидрохимического режима // Урал: география и развитие: тезисы докладов совещания по проблемам географии. Пермь, 1989. С. 187–188.
6. Зиновьев Е. А., Двинских С. А., Китаев А. Б. Характеристика современного состояния водной экосистемы верхней части Камского водохранилища // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2018. Т. 28, № 1. С. 50–63. EDN: YVSMVL
7. Китаев А. Б. Оценка химического состава воды верхней части Камского водохранилища в связи с обустройством поисково-разведочных скважин // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2012. № 1(20). С. 55–60. EDN: PACFXT
8. Китаев А. Б. Гидрологическая обусловленность формирования гидрохимического режима камских водохранилищ // Современное состояние качества воды камских водохранилищ и мероприятия по предотвращению их загрязнения: материалы совещания. Пермь, 1989. С. 3–4.
9. Куликов Г. И. Влияние сброса химической промышленности на минерализацию воды Камского водохранилища в районе г. Березники // Материалы Всесоюзного совещания по вопросам эксплуатации Камского водохранилища. 1959. Вып. 2. С. 1–13.
10. Лепихин А. П., Возняк А. А., Любимова Т. П., Паршакова Я. Н., Ляхин Ю. С., Богомолов А. В. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамско-Березниковского промузла // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 5. С. 560–566. DOI: 10.31857/S0321059620050120 EDN: SKMMDS
11. Лепихин А. П., Веницианов Е. В., Любимова Т. П., Тиунов А. А., Паршакова Я. Н., Ляхин Ю. С., Богомолов А. В. Влияние вертикальной неоднородности водных масс на устойчивость промышленного водоснабжения в зонах высокой техногенной нагрузки // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2021. № 4. С. 53–63. DOI: 10.17076/lim1419 EDN: BDWHJF
12. Лепихин А. П., Богомолов А. В., Ляхин Ю. С. К особенностям формирования качества воды р. Камы (Камского водохранилища) в зимний период в районе г. Березники // Горное эхо. 2022. № 1. С. 13–25. DOI: 10.7242/echo.2022.1.3 EDN: KJKBQI
13. Лепихин А. П., Богомолов А. В., Ляхин Ю. С., Опутин М. А., Синцова Т. Н., Исахов А. А. Опыт применения логгеров для исследования динамики состояния водных объектов, расположенных в зонах активного техногенеза // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 6. С. 81–94. DOI: 10.35567/19994508-2024-6-81-94 EDN: KMXDWF
14. Лепихин А. П., Любимова Т. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н. Особенности внутрисуточных колебаний показателей качества воды, наблюдаемых в камском водохранилище // Географический вестник = Geographical Bulletin. 2024. № 3(70). С. 70–82. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82 EDN: CSFJAC
15. Лепихин А. П., Любимова Т. П., Богомолов А. В., Ляхин Ю. С., Паршакова Я. Н. Плотностные эффекты, обусловленные неоднородностью распределения минерализации воды различного генезиса в равнинных водохранилищах // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2024. Т. 60, № 4. С. 533–544. DOI: 10.31857/S0002351524040094 EDN: JGXDAG
16. Любимова Т. П., Лепихин А. П., Паршакова Я. Н., Богомолов А. В., Ляхин Ю. С., Исахов А. Особенности гидродинамики водоемов с вертикальной плотностной неоднородностью водных масс в условиях активного техногенеза // Вычислительная механика сплошных сред. 2023. Т. 16, № 1. С. 115–124. DOI: 10.7242/1999-6691/2023.16.1.9 EDN: WXPVFX
17. Матарзин Ю. М. К гидрохимической характеристике Камского водохранилища // Материалы Всесоюз. совещания по эксплуатации Камского водохранилища. 1959. Вып. 2. С. 1–10.
18. Матарзин Ю. М. Гидрохимические аспекты формирования гидрохимического режима искусственных водоемов // Современные проблемы региональной и прикладной гидрохимии. Л., 1987. С. 62–70.

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

19. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей: утв. Приказом Минприроды России от 29.12.2020 № 1118 // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202012310042> (дата обращения: 15.01.2025)
20. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Наука, 1977. 664 с.
21. Полянин В. О., Кирпичникова Н. В., Фацевская Т. Б. Факторы негативного воздействия и общие рекомендации по снижению поступления загрязняющих веществ от диффузных источников // ДИФФУЗНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ: колл. моногр. / под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М.: Изд-во Российской академии наук, 2020. С. 381–398. EDN: HESPHE
22. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Y., Zayakina I., Issakhov A. Formation of Water Quality of Surface Water Bodies Used in the Material Processing // Fluid Dynamics & Materials Processing. 2024. Vol. 20, No. 4. P. 815–828. DOI: 10.32604/fdmp.2024.048463 EDN: TQGQJJ

References

1. Burmamtova E. A. Istoriya gidrokhimicheskogo izucheniya Sredney Kamy (1881–1953 gg.) I Kamskogo vodokhranilishcha (1954–1966 gg.) [History of hydrochemical study of the Middle Kama (1881–1953) and the Kama Reservoir (1954–1966)]. *Gidrologiya I meteorologiya*, 1969, iss. 4, pp. 79–90. (In Russ.)
2. Danilov-Danilyan V. I., Polyaniin V. O., Fashchevskaya T. B., Kirpichnikova N. V., Kozlova M. A., Venitsianov E. V. The Problem of Reducing Diffuse Pollution of Water Bodies and Improving the Efficiency of Water Protection Programs. *Water Resources*, 2020, vol. 47, no. 5, pp. 503–514. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0321059620050053
3. Dvinskikh S. A., Kitaev A. B. Osobennosti formirovaniya khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod gumidnoy zony (na primere Permskogo kraya) [Features of the chemical composition formation of surface waters in the humid zone (on the example of the Perm region)]. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2011, no. 2, pp. 31–31. (In Russ.)
4. Devyatkova T. P. Vliyaniye nekotorykh gidrodinamicheskikh faktorov na mineralizatsiyu vody Kamskogo vodokhranilishcha I na sodержание v ney glavnykh ionov [The influence of some hydrodynamic factors on the mineralization of the Kama Reservoir water and on the content of the main ions in it]. *Gidrokhimicheskije materialy*, 1984, vol. 87, pp. 37–45. (In Russ.)
5. Devyatkova T. P. Osnovnye pokazateli dinamiki vod Kamskikh vodokhranilishch – faktory formirovaniya ikh gidrokhimicheskogo rezhima [The main indicators of the dynamics of the Kama reservoirs waters – factors of formation of their hydrochemical regime]. In *Ural: geografiya I razvitie: tezisy dokladov soveshchaniya po problemam geografii*. Perm, 1989, pp. 187–188. (In Russ.)
6. Zinoviev E. A., Dvinskikh S. A., Kitaev A. B. Kharakteristika sovremennogo sostoyaniya vodnoy ekosistemy verkhney chasti Kamskogo vodokhranilishcha [Characteristics of the current state of the aquatic ecosystem of the upper part of the Kama reservoir]. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2018, vol. 28, no. 1, pp. 50–63. (In Russ.)
7. Kitaev A. B. Otsenka khimicheskogo sostava vody verkhney chasti Kamskogo vodokhranilishcha v svyazi s obustroystvom poiskovo-razvedochnykh skvazhin [Assessment of the chemical composition of the water in the upper part of the Kama reservoir in connection with the development of exploration wells]. *Geographical Bulletin*, 2012, no. 1(20), pp. 55–60. (In Russ.)
8. Kitaev A. B. Gidrologicheskaya obuslovlennost' formirovaniya gidrokhimicheskogo rezhima kamskikh vodokhranilishch [Hydrological conditionality of the hydrochemical regime formation of the Kama reservoirs]. In *Sovremennoe sostoyanie kachestva vody kamskikh vodokhranilishch I meropriyatiya po predotvrashcheniyu ikh zagryazneniya: materialy soveshchaniya*. Perm, 1989, pp. 3–4. (In Russ.)
9. Kulikov G. I. Vliyaniye sbrosa khimicheskoy promyshlennosti na mineralizatsiyu vody Kamskogo vodokhranilishcha v rayone g. Berezniki [The influence of the chemical industry discharge on the mineralization of the Kama Reservoir water in the area of Berezniki city]. In *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po voprosam ekspluatatsii Kamskogo vodokhranilishcha*. Perm, 1959, Iss. 2, pp. 1–13. (In Russ.)
10. Lepikhin A. P., Voznyak A. A., Lyubimova T. P., Parshakova Y. N., Lyakhin Y. S., Bogomolov A. V. Studying the Patterns of Formation and the Extent of Diffuse Pollution Produced by Large Industrial Centers: A Case Study of the Solikamsk-Berezniki Industrial Hub. *Water Resources*, 2020, vol. 47, no. 5, pp. 560–566. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0321059620050120
11. Lepikhin A. P., Venitsianov E. V., Lyubimova T. P., Tiunov A. A., Parshakova Ya. N., Lyakhin Yu. S., Bogomolov A. V. Effects of the vertical heterogeneity of water masses on the stability of industrial water supply in industry-intensive areas. *Transactions of the Karelian Research Centre of the RAS*, 2021, no. 4, pp. 53–63. (In Russ.) DOI: 10.17076/lim1419
12. Lepikhin A. P., Bogomolov A. V., Lyakhin Yu. S. Towards the Specifics of the Water Quality Formation in the Kama River (Kama Reservoir) during the Winter Period in the Area of Berezniki City. *Gornoe Ekho*, 2022, no. 1, pp. 13–25. (In Russ.) DOI: 10.7242/echo.2022.1.3
13. Lepikhin A. P., Bogomolov A. V., Lyakhin Y. S., Oputin M. A., Sintsova T. N., Isakhov A. A. The Experience of Using Loggers to Study the State Dynamics of Water Bodies Located in Zones of Active Technogenesis. *Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2024, no. 6, pp. 81–94. (In Russ.) DOI: 10.35567/19994508-2024-6-81-94
14. Lepikhin A. P., Lyubimova T. P., Bogomolov A. V., Oputin M. A., Sintsova T. N. Features of intraday fluctuations in water quality indicators observed in the Kama Reservoir. *Geographical Bulletin*, 2024, no. 3(70), pp. 70–82. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82
15. Lepikhin A. P., Lyubimova T. P., Bogomolov A. V., Lyakhin Yu. S., Parshakova Ya. N. Density Effects Caused by Heterogeneity in the Distribution of Mineralization of Waters of Various Genesis in Plain Reservoirs. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2024, vol. 60, no. 4, pp. 533–544. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0002351524040094
16. Lyubimova T. P., Lepikhin A. P., Parshakova Ya. N., Bogomolov A. V., Lyakhin Yu. S., Isakhov A. Peculiarities of hydrodynamics of water reservoirs characterized by the vertical density inhomogeneity of water masses under active technogenesis conditions. *Computational Continuum Mechanics*, 2023, vol. 16, no. 1, pp. 115–124. (In Russ.) DOI: 10.7242/1999-6691/2023.16.1.9
17. Matarzin Yu. M. K gidrokhimicheskoy kharakteristike Kamskogo vodokhranilishcha [On the hydrochemical characteristics of the Kama Reservoir]. In *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po ekspluatatsii Kamskogo vodokhranilishcha*. Perm, 1959, Issue 2, pp. 1–10. (In Russ.)
18. Matarzin Yu. M. Gidrokhimicheskije aspekty formirovaniya gidrokhimicheskogo rezhima iskusstvennykh vodoemov [Hydrochemical aspects of the formation of the hydrochemical regime of artificial reservoirs]. In *Sovremennye 84-ndex84 regional'noy I prikladnoy gidrokhimii*. Leningrad, 1987, pp. 62–70. (In Russ.)
19. Metodika razrabotki normativov dopustimykh sbrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v vodnye ob'ekty dlya vodopol'zovateley [Methods for developing standards for permissible discharges of pollutants into water bodies for water users]. Official Internet portal of legal information: website] (In Russ.) URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202012310042> (Accessed 15 January 2025).

Гидрология

Лепихин А. П., Богомолов А. В., Опутин М. А., Синцова Т. Н.

20. Polubarinova-Kochina P.Ya. *Teoriya dvizheniya gruntovykh vod* [Theory of groundwater movement]. Moscow: Nauka, 1977. 664 p. (In Russ.)

21. Polyani V.O., Kirpichnikova N.V., Fashchevskaya T.B. Faktory negativnogo vozdeystviya I obshchie rekomendatsii po snizheniyu postupleniya zagryaznyayushchikh veshchestv ot diffuznykh istochnikov [Factors of negative impact and general recommendations for reducing the supply of pollutants from diffuse sources]. In *Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ob'ektov: 85andex85 I resheniya*. Moscow: Izd-vo Rossiiskaya akademiya nauk, 2020, pp. 381–398. (In Russ.)

22. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Y., Zayakina I., Issakhov A. Formation of Water Quality of Surface Water Bodies Used in the Material Processing. *Fluid Dynamics & Materials Processing*, 2024, vol. 20, no. 4, pp. 815–828. DOI: 10.32604/fdmp.2024.048463

Статья поступила в редакцию: 02.06.25, одобрена после рецензирования: 22.12.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 2 June 2025; approved after review: 22 December 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Анатолий Павлович Лепихин

Доктор географических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
Российский научно-исследовательский институт
комплексного использования и охраны водных
ресурсов, Камский филиал,
614002, Россия, г. Пермь, ул. Н. Островского, 113;
заведующий лабораторией проблем гидрологии суши,
Горный институт Уральского отделения
Российской академии наук;
614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: lepihin49@mail.ru

Андрей Владимирович Богомолов

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории проблем гидрологии суши,
Горный институт Уральского отделения
Российской академии наук;
614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

email: whitewing85@mail.ru

Максим Андреевич Опутин

Инженер лаборатории проблем гидрологии суши,
Горный институт Уральского отделения
Российской академии наук;
614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: maksimoputka@yandex.ru

Татьяна Николаевна Синцова

Ведущий инженер
лаборатории проблем гидрологии суши,
Горный институт Уральского отделения
Российской академии наук;
614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: tanya_sinzova@mail.ru

Information about the authors

Anatoly P. Lepikhin

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Senior Researcher, Russian Research Institute for the
Integrated Use and Protection of Water Resources
(Kama Branch);
113, Nikolaya Ostrovskogo st., Perm, 614002, Russia;
Head of the Laboratory of Land Hydrology Problems,
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences;
78a, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Andrei V. Bogomolov

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher,
Laboratory of Land Hydrology Problems,
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences;
78a, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Maksim A. Oputin

Engineer, Laboratory of Land Hydrology Problems,
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences;
78a, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Tatyana N. Sintsova

Leading Engineer, Laboratory of Land Hydrology
Problems, Mining Institute of the Ural Branch of the
Russian Academy of Sciences;
78a, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Вклад авторов

Лепихин А. П. – идея исследования, участие в обработке и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Богомолов А. В. – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Опутин М. А. – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Синцова Т. Н. – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Anatoly P. Lepikhin – the idea of the study; processing and analysis of field data; writing and editing of the article.

Andrei V. Bogomolov – processing and analysis of field data; writing and editing of the article.

Maksim A. Oputin – processing and analysis of field data; writing and editing of the article.

Tatyana N. Sintsova – processing and analysis of field data; writing and editing of the article

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

Научная статья

УДК 556.555.3

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-86-98

EDN: WVICPM

**МНОГОЛЕТНЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПРИТОКА ВОДЫ В КАМСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ****Ксения Дмитриевна Микова¹, Екатерина Владимировна Механошина², Виктория Николаевна Ромашова³, Матвей Владимирович Колегов⁴**^{1, 2, 3, 4} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия¹ mikovak@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1170-5375, Scopus Author ID: 57211207914, ResearcherID: JLL-9653-2023, SPIN-код: 3765-0488, eLibrary Author ID: 153280² katya_mehanoshina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3822-4662, Scopus Author ID: 57211204998, SPIN-код: 3650-3213, eLibrary Author ID: 1078805³ vikt.romashova@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-8718-142X, ResearcherID: MXL-6160-2025⁴ matvelv@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-4818-3676, SPIN-код: 7926-9132

Аннотация. Статья посвящена изучению многолетнего изменения притока воды в Камское водохранилище. Результаты показали, что во все месяцы (за исключением мая, июня, сентября) прослеживается тренд на увеличение притока, в зимние месяцы (ноябрь-март) тренд оказался значимым ($p > 0,05$). Анализ изменений температуры воздуха и атмосферных осадков по сезонам показал, что в рядах наблюдений отмечается возрастающий тренд. Данные тренды статистически значимы у температуры воздуха во все сезоны и у осадков в зимний сезон. Средняя температура воздуха за 1978–2021 гг. увеличилась на 0,2–0,3°С за десятилетие, осадки также возросли на 2–10 мм за десятилетие.

Выполнено исследование влияния происходящих климатических изменений на величину объема притока воды для двух периодов до и после начала выраженных изменений стока: 1954–1977 и 1978–2021 гг. За период 1978–2021 гг. произошло увеличение притока воды во все сезоны: в период весеннего наполнения на 5 %, в период летне-осенней стабилизации на 17 %, в период зимней сработки на 30 %. Изменения притока в период зимней сработки оказались статистически значимыми. Также произошло перераспределение стока внутри сезонов, которое стало соответствовать следующему соотношению в % от годового: зимняя сработка – 16 % (+3 %), весеннее наполнение – 59 % (–4 %), летне-осенняя стабилизация – 25 % (+1 %).

Совместный анализ цикличности притока воды, температуры воздуха и осадков показал, что объем притока за период зимней сработки имеет схожие циклы со средней температурой воздуха. Для периодов весеннего наполнения и летне-осенней стабилизации выявлена наилучшая скоррелированность циклов притока с осадками. Высокая скоррелированность циклов у периодов зимней сработки $r=0,92$ и летне-осенней стабилизации $r=0,73$. В весенний период скоррелированность циклов ниже $r=0,48$, т.к. на формирование притока также оказывают влияние другие факторы, существенно изменяющиеся год от года.

Ключевые слова: водохранилище, приток воды в водохранилище, многолетнее изменение, скоррелированность циклов

Для цитирования: Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В. Многолетнее изменение притока воды в Камское водохранилище // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 86–98. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-86-98 EDN: WVICPM

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-86-98

EDN: WVICPM

LONG-TERM CHANGES IN WATER INFLOW INTO THE KAMA RESERVOIR**Ksenia D. Mikova¹, Ekaterina V. Mekhanoshina², Victoria N. Romashova³, Matvey V. Kolegov⁴**^{1, 2, 3, 4} Perm State University, Perm, Russia¹ mikovak@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1170-5375, Scopus Author ID: 57211207914, ResearcherID: JLL-9653-2023, SPIN-code: 3765-0488, eLibrary Author ID: 153280² katya_mehanoshina@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3822-4662, Scopus Author ID: 57211204998, SPIN-code: 3650-3213, eLibrary Author ID: 1078805³ vikt.romashova@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-8718-142X, ResearcherID: MXL-6160-2025⁴ matvelv@yandex.ru, ORCID: 0009-0000-4818-3676, SPIN-code: 7926-9132

© Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В., 2026

Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

Abstract. The article deals with long-term changes in water inflow into the Kama Reservoir. According to the results of the study, in all months (except May, June, and September) there was a trend toward the inflow increase, in the winter months (November-March) the trends were significant ($p>0.05$). An analysis of changes in air temperature and precipitation by seasons has revealed an increasing trend in the data series. These trends are statistically significant for air temperature in all seasons and for precipitation trend in the winter season. Over 1978-2021, the average air temperature increased by 0.2-0.3°C per decade, precipitation also increased by 2-10 mm per decade.

The authors studied the influence of ongoing climate change on the volume of water inflow for two periods before and after the pronounced changes in the runoff: 1954-1977 and 1978-2021. In 1978-2021, there was an increase in water inflow in all seasons: by 5% during the spring season, by 17% during the summer-autumn season, and by 30% during the winter season. Changes in inflow during the winter season were statistically significant. There was also a redistribution of runoff within seasons, which began to correspond to the following ratio in % of the annual: winter season – 16% (+3%), spring season – 59% (-4%), and summer-autumn season – 25% (+1%).

A combined analysis of the cyclicity of water inflow, air temperature, and precipitation has found that the volume of inflow during the winter season has similar cycles with the average air temperature. The best correlation of inflow cycles with precipitation has been revealed for the spring and summer-autumn seasons. High correlation of cycles is noted during the periods of the winter drawdown $r=0.92$ and summer-autumn stabilization $r=0.73$. In the spring period, the correlation of cycles is lower $r=0.48$ since the formation of the inflow is also influenced by other factors that change significantly from year to year.

Keywords: reservoir, water inflow into the reservoir, long-term change, cycle correlation

For citation: Mikova K. D., Mekhanoshina E. V., Romashova V. N., Kolegov M. V. Long-term changes in water inflow into the Kama Reservoir. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 86–98. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-86-98 EDN: WVICPM

Введение

Объем притока воды в водохранилище считается одной из основных характеристик, которая влияет на режим работы гидроэлектростанции. Вопросы многолетнего изменения притока воды к водохранилищам под влиянием как природных, так и антропогенных факторов относятся к числу наиболее актуальных и имеют большое практическое значение при проектировании водохозяйственных мероприятий, а также для разработки долгосрочной политики в области водного хозяйства. Изменение климата может определять особенности гидрологического режима водоемов. Приток воды в водохранилища чувствителен к постепенным изменениям осадков и температуры воздуха, особенно в зимний период. По данным А. С. Калугина [18], годовой приток воды в Камское водохранилище составляет почти четверть от среднееголетнего стока р. Волги.

Существует много публикаций, посвященных изучению многолетних изменений стока рек. Первые исследования касались колебаний водоносности рек Западной Сибири [1] и изменений максимального стока равнинных рек [2]. В 1990 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) опубликовала Научную оценку климатических изменений и их последствий [30]. После ее публикации число статей, посвященных изменению климата и связанным с ним изменениям стока рек и притока воды в водохранилища, значительно возросло. Много исследований посвящено оценке многолетних изменений речного стока крупных зарегулированных рек России, таких как рр. Лена, Волга, Урал, Вилюй, Дон и др., а также оценке климатических и антропогенных факторов, оказывающих различное влияние на колебания стока [3–10; 19–20; 21; 25; 27; 29].

Вопросам многолетнего изменения притока воды в водохранилища также посвящено немало работ, в которых анализировалась пространственная и временная изменчивость притока к этим водным объектам [1–12; 13–15], проводились исследования по оценке влияния изменения климата на приток воды [26; 31–32]. Часть исследований была посвящена изменению притока воды в водохранилища Китая из-за меняющихся климатических условий [35] и антропогенных факторов [33].

Исследованию многолетних колебаний притока воды в Камское водохранилище посвящено немного публикаций. Так, в работе А. С. Калугина [18] показано, что приток воды в водохранилище сократился на 8 % в 1990-е гг. по сравнению с 1980-ми гг. В исследованиях В. Г. Калинина и др. [17] уделено внимание многолетней изменчивости стока семи рек Верхней и Средней Камы, где выявлено, что с 1978 г. наблюдается увеличение годового стока рек, а также оценено изменение объемов стока по районам [16]. Обзор современных исследований показывает отсутствие публикаций, посвященных данной тематике. Таким образом, основной целью исследования является оценка многолетнего изменения притока воды в Камское водохранилище.

Характеристика исследуемой территории

Камское водохранилище расположено на северо-востоке Европейской части России. Практически полностью его водосбор расположен на территории Пермского края (рис. 1). Площадь водного зеркала водохранилища при НПУ составляет 1 915 км², объем водной массы – 12,2 км³, длина – 250 км с севера на юг, максимальная глубина водохранилища составляет 30 м, средняя ширина – 5,5 км, с максимальным значением 14 км. Площадь водосбора Камского водохранилища – 168000 км².

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

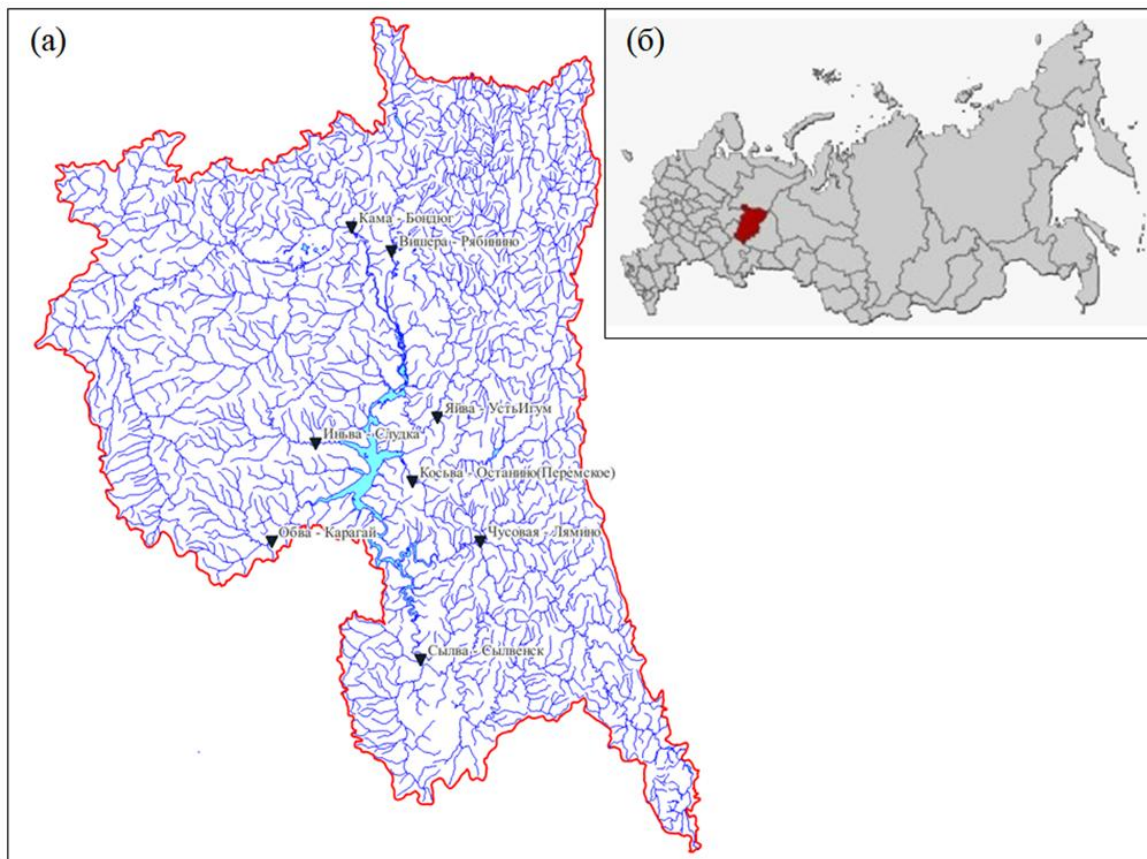


Рис. 1. а – Расположение гидрологических постов на реках, впадающих в Камское водохранилище; б – местоположение Пермского края на территории России [24]
 Fig. 1. а – Location of hydrological stations on rivers flowing into the Kama Reservoir; б – the location of the Perm Region on the territory of Russia [24]

Тепло на водосборе распределяется неравномерно с севера на юг. В течение года северная часть получает на 15 % меньше солнечного тепла, чем южная. Еще большие изменения величин суммарной солнечной радиации наблюдаются по сезонам года. Летом водосборная территория получает 80 % годового количества тепла, а зимой – около 20 % [27]. Северное положение территории способствует частому вторжению холодных арктических воздушных масс, которые определяют суровость климата. Циклоны обуславливают резкую смену погоды – с теплой на холодную. Сумма осадков за год неодинакова в разных частях бассейна и составляет 450–1000 мм, увеличиваясь с запада на северо-восток. Большая часть осадков (70 %) выпадает с апреля по октябрь. Снежный покров устанавливается 6–18 октября и к концу зимы достигает 50–159 см в зависимости от региона [20]. Характерной особенностью рассматриваемой территории является продолжительная зима (5–6 месяцев).

Камское водохранилище является первой ступенью каскада на р. Каме, ниже которого расположены Воткинское и Нижне-Камское водохранилища. Водохранилище принимает сток рек Камы, Вишеры, Чусовой, Сытвы, Иньвы, Косьвы, Обвы, Яйвы и осуществляет сезонное, недельное и суточное регулирование стока, наполняясь весной после таяния снега. На его берегах находятся такие города, как Пермь, Соликамск, Березники, Добрянка.

Исходные данные и методы исследования

В работе были использованы материалы расчетов Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ПЦГМС) по среднемесячному притоку воды в водохранилище Камской ГЭС за период с 1954 по 2021 г. Исследуемая характеристика притока была рассчитана ПЦГМС на основе фактических значений среднесуточных расходов воды в замыкающих створах рек, которые впадают в водохранилище, а также с учетом боковой приточности с неучтенных территорий.

В работе использованы величины объема притока, рассчитанные по месяцам (W , км³/месяц). Также рассчитан сезонный сток (км³/сезон) для трех периодов: зимняя сработка (ноябрь–март), весеннее наполнение (апрель–июнь), летне-осенняя стабилизация (июль–октябрь). Границы сезонов были определены на основе гидрографов притока, а также дат начала и окончания интенсивного притока воды в водохранилище. Годовой приток (км³/год) рассчитан как сумма объемов притока за 12 месяцев. Для оценки изменчивости величин притока воды для каждого месяца были рассчитаны коэффициенты вариации (C_v).

Анализ изменения климатических характеристик на территории водосбора Камского водохранилища выполнен по среднемесячной температуре воздуха и сумме осадков за месяц, полученных из ресурса WorldClim

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

[34]. Данные рассчитаны путем извлечения зональной статистики для водосбора Камского водохранилища из набора растровых данных модели WorldClim 2. Данные WorldClim 2 созданы на основе информации с 60 000 метеостанций по всему миру, охватывающих временной диапазон с 1960 по 2021 г. Климатические параметры этих метеостанций были интерполированы с применением тонких пластинчатых сплайнов, что позволило достичь высокой точности описания данных. Для увеличения точности WorldClim 2 использованы спутниковые данные MODIS.

Ряды климатических характеристик и притока воды за месяц были протестированы на случайность и однородность по критерию Стьюдента и Фишера. Для рядов притока воды за зимние месяцы (ноябрь-март), среднесезонной температуры воздуха и осадков за период зимней сработки гипотеза об однородности и стационарности была опровергнута, что свидетельствует о наличии значимых изменений, произошедших в рядах наблюдений.

Оценка значимости трендов изменения климатических характеристик и притока воды выполнена проверкой нулевой гипотезы о его отсутствии. Если уровень значимости $p < 0,05$, то нулевая гипотеза отвергалась, что означало, что существует статистически значимый тренд. В случае, если $p > 0,05$, нулевая гипотеза принималась, что указывало на отсутствие статистически значимого тренда.

Для выявления синхронности в циклах выполнено сглаживание объемов притока воды, температуры воздуха и осадков за 7-летние периоды. Средние значения притока воды за 7-летние периоды отнесены к середине ряда. Сглаженные кривые притока были построены за зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март), т.к. для этих месяцев и для годового притока воды был обнаружен статистически значимый тренд.

Для анализа долговременных фаз изменений температуры воздуха, осадков и притока воды в водохранилище, а также определения лет смены их направленности были построены разностно-интегральные кривые (РИК). РИК отражает накапливающуюся разницу между текущими значениями исследуемой характеристики и их нормой.

Результаты и их обсуждение

Многолетние изменения климатических характеристик. Анализ долговременных фаз многолетних изменений температуры воздуха и осадков выполнен по данным ресурса WorldClim [34] за период 1960–2021 гг. Величины средней температуры воздуха и суммы осадков рассчитаны для территории водосбора Камского водохранилища по сезонам. Сглаженные по 7-леткам кривые температуры воздуха и осадков показывают циклы увеличения и уменьшения климатических характеристик, а также позволяют избавиться от флуктуаций конкретных лет, которые прослеживаются на хронологических графиках (рис. 2).

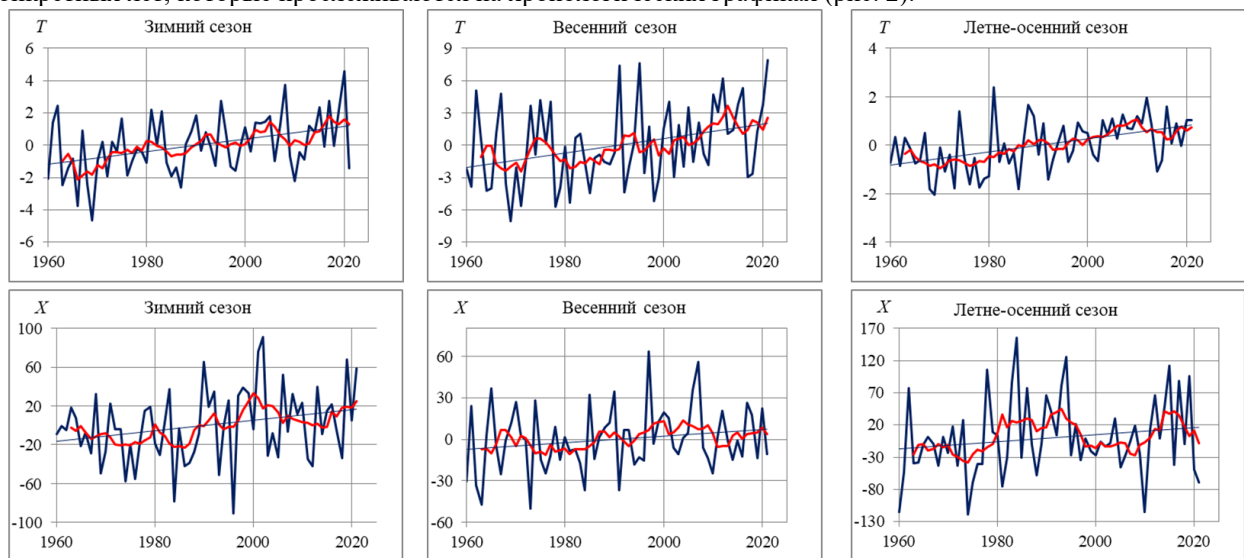


Рис. 2. Многолетнее изменение температуры воздуха (T) и осадков (X) (синяя линия – ежегодные значения сезонной температуры воздуха и осадков; красная линия – сглаженные по 7-леткам величины)

Fig. 2. Long-term changes in air temperature and precipitation (blue line – annual values of seasonal air temperature and precipitation; red line – values smoothed over 7 years)

Анализ кривых показал, что в рядах температуры воздуха и осадков во все сезоны наблюдается возрастающий тренд. При этом у температуры воздуха во все сезоны и у осадков в зимний сезон тренды оказались статистически значимыми. Следовательно, регистрируемое на территории водосбора Камского водохранилища изменение климатических характеристик, связанное с ростом среднесезонной температуры воздуха, также привело к увеличению количества осадков в зимний период, вследствие чего зимы на рассматриваемой территории стали более теплыми и влажными.

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

Анализ долговременных фаз многолетних изменений температуры воздуха на РИК показал, что на рубеже 1986–1990 гг. начинается фаза роста среднесезонной температуры воздуха (рис. 3). При этом смена фазы снижения на фазу роста происходит почти синхронно во все сезоны. Фаза роста температуры воздуха продолжается и в последние годы. Схожий характер изменения температуры воздуха наблюдается на водосборах крупнейших рек Сибири [4].

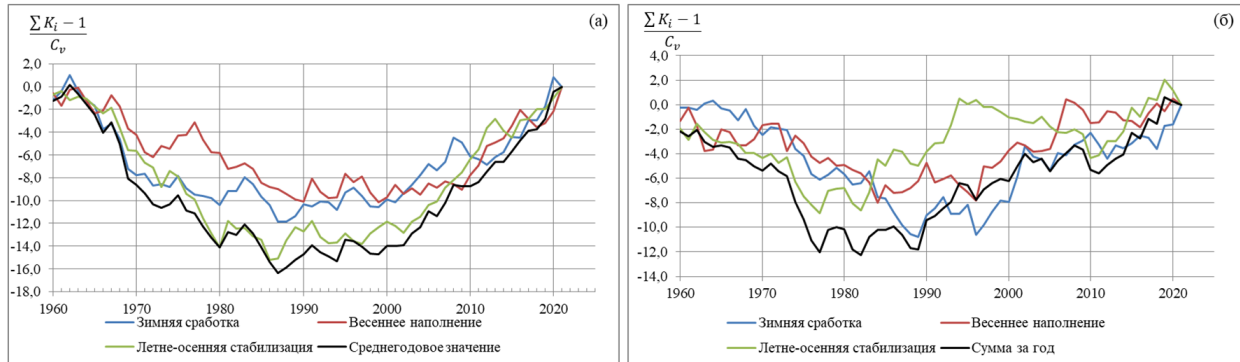


Рис. 3. Разностно-интегральные кривые температуры воздуха (а) и атмосферных осадков (б) для территории водосбора Камского водохранилища за период 1960–2021 гг.

Fig. 3. Difference-cumulative curves of air temperature (a) and precipitation (b) for the Kama Reservoir catchment for 1960–2021

Характер многолетних изменений сумм осадков по сезонам отличается от рассмотренных выше особенностей. Начало увеличения количества осадков происходит в период 1982–1989 гг. Фазы роста и снижения осадков синхронны для периодов зимней сработки и весеннего наполнения. Окончание фазы снижения количества осадков заканчивается в 1984–1989 гг. Затем наблюдается фаза увеличения количества осадков, которая продолжается по настоящее время. Долговременные изменения сумм осадков в летне-осенний сезон носят более сложный характер. При этом наблюдается два долговременных цикла осадков: 1960–1994 (спад 1960–1982, рост 1983–1994) и 1995–2021 гг. (спад 1995–2010, рост 2011–2021).

Для оценки изменения температуры воздуха и суммы осадков выполнен расчет средних значений за два периода: 1960–1977 и 1978–2021 гг. Здесь и далее период до 1977 г. использован как базовый для сравнения. Эти периоды выбраны на основании того, что с 1978 г., по нашим данным и исследованию В. Г. Калинина и др. [17], на исследуемой территории происходит смена циклов водности. Изменение климатических величин оценено за период 1978–2021 гг. по сравнению с 1960–1977 гг. Расчеты показали, что средняя температура воздуха за период 1978–2021 гг. увеличивалась на 0,2–0,3° С за десятилетие во все сезоны. Сезонные величины осадков также росли на 2–10 мм за десятилетие. Существеннее всего увеличились осадки в летне-осенний сезон, где за период 1978–2021 гг. значения выросли на 40 мм (+12 %) по сравнению с 1960–1977 гг.

Таблица 1
Table 1

Средние за период 1960–1977 и 1978–2021 гг. температуры воздуха и сумма осадков и их изменение для территории водосбора Камского водохранилища
Average air temperatures and total precipitation for 1960–1977 and 1978–2021 and their changes for the Kama Reservoir catchment

Период расчета	Зима		Весна		Лето–осень		Год	
	T, °C	X, мм	T, °C	X, мм	T, °C	X, мм	T, °C	X, мм
1960–1977	-11,9	192	10,5	85	10,4	328	0,27	605
1978–2021	-10,5	210	11,4	94	11,2	369	1,23	672
Δ	+1,3	+18	+0,9	+9	+0,8	+40	+1,0	+67
Δ%	+11	+9	+8	+10	+8	+12	–	+11

Примечание: T – средняя температура воздуха, °C; X – сумма осадков, мм; Δ и Δ% – изменение величин, рассчитанных за период 1978–2021 гг. по сравнению с 1960–1977 гг., в абсолютных величинах и в % соответственно

Note: T – average air temperature, °C; X – total precipitation, mm; Δ and Δ% – changes in values calculated for 1978–2021 compared to 1960–1977, in absolute values and in %, respectively

Характеристика среднемесячного притока воды. Расчет среднемесячных величин притока воды в Камское водохранилище выполнен за период 1954–2021 гг. Анализ полученных величин показал, что в зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март) приток воды к Камскому водохранилищу минимален и изменяется в среднем от 1,12 до 3,10 км³/мес (табл. 2). Доля притока в зимние месяцы невелика – изменяется от 1,9 до 5,4 % от годовой величины. Объем стока по месяцам в этот сезон в среднем достигает 1,74 км³/мес.

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

Таблица 2
Table 2Расчетный среднемесячный приток воды в Камское водохранилище за период 1954–2021 гг.
Estimated average monthly water inflow into the Kama Reservoir for 1954–2021

Показатель	Средний		C _v	Максимальный	Год	Минимальный	Год
	км ³ /мес	%					
Январь	1,38	2,4	0,24	2,50	2009	0,79	1961
Февраль	1,12	1,9	0,21	1,82	2020	0,68	1961
Март	1,23	2,2	0,24	2,44	1981	0,75	1954
Апрель	7,07	12,3	0,56	19,5	2016	1,22	1998
Май	19,7	34,4	0,26	31,3	1979	8,36	1975
Июнь	7,68	13,4	0,44	17,4	1978	2,60	2021
Июль	3,86	6,7	0,43	9,43	1994	1,79	1954
Август	3,02	5,3	0,51	10,4	2019	1,39	1960
Сентябрь	3,23	5,6	0,47	8,94	1962	1,44	1960
Октябрь	4,03	7,0	0,42	9,56	1986	1,67	1974
Ноябрь	3,10	5,4	0,46	8,31	2013	1,12	1960
Декабрь	1,85	3,2	0,35	4,61	2008	0,80	1974
За год	57,3	100	0,16	78,9	2019	37,7	1975

Наибольший среднемесячный приток в течение зимних месяцев зафиксирован в ноябре и составил 3,10 км³/мес. Возможно, это связано с тем, что в ноябре еще поступает некоторое количество воды от дождевых паводков из отдаленных частей водосбора. В последующие месяцы приток постепенно уменьшается и в феврале находился на уровне минимальных значений – 1,12 км³/мес (табл. 2). Наибольший приток достигал 1,82–8,31 км³/мес, что в 1,6–2,7 раза выше среднемноголетних значений в отдельные годы (1981, 2008, 2009, 2020). Наименьший приток составлял 0,68–1,12 км³/мес, что в 1,6–2,8 раза меньше среднего значения, и наблюдался в 1954, 1961, 1974 гг. Изменчивость притока в зимние месяцы наименьшая – C_v = 0,21–0,35 – из-за устойчивого грунтового питания и отсутствия поверхностного притока.

В период *весеннего наполнения* (апрель, май, июнь) приток воды в водохранилище максимальный и находится в диапазоне от 7,07 до 19,7 км³/мес (табл. 2). В данный период в Камское водохранилище поступает в среднем 60 % годового притока. Начиная с апреля, доля притока существенно увеличивается (12,3 % от годового) по сравнению с притоком за март (2,2 % от годового). В мае приток продолжает расти и становится наибольшим (34,4 % от годового). Далее в июне доля притока снижается (до 13,4 %) более чем в 2 раза по сравнению с маем (рис. 3), но остается существенной. Такое уменьшение притока связано с завершением добегания талой воды от самых отдаленных частей водосбора до Камского водохранилища. Наибольшие значения максимального притока в весенний период изменялись в пределах 17,4–31,3 км³/мес и наблюдались в 1978, 1979, 2016 гг. В 1978 и 1979 годах зимы были одними из самых холодных на исследуемой территории, поэтому почва существенно промерзла и долго оттаивала весной. Вследствие этого талые воды во время снеготаяния слабо просачивались в почву и в основном стекали по поверхности водосбора. Это привело к существенному сокращению потерь стока на впитывание в почву и увеличению поверхностного стекания в весенние месяцы. Наименьший приток в весенние месяцы был в 2–6 раза ниже среднемноголетнего притока и составил 1,22–8,36 км³/мес (табл. 2). Небольшой приток в весенний период был в 1975 г. из-за малых величин снеготаяния, а в 1998 г. – из-за возврата холодов весной и более растянутого половодья, в результате которого были большие потери на впитывание. Изменчивость притока в период наполнения наибольшая – C_v = 0,26–0,56, т.к. доля поверхностного питания может существенно меняться от месяца к месяцу.

В период *летне-осенней стабилизации* (июль–октябрь) приток воды к Камскому водохранилищу стабилен и изменяется в среднем от 3,02 до 4,03 км³/мес. Доля притока воды в эти месяцы варьирует от 5,3 до 7,0 % от годового (табл. 2). В период летне-осенней стабилизации приток продолжает сокращаться, средний объем притока за сезон летне-осенней стабилизации составил 3,54 км³/мес. Максимальный приток – 10,4 км³/мес в 2019 г. Минимальный приток был более чем в 7 раз ниже максимального притока (1,39 км³/мес). Вместе с этим величина притока изменяется в зависимости от количества дождевых осадков в данный период. Изменчивость притока в данные месяцы высокая – C_v = 0,42–0,51 (табл. 2).

Многолетнее изменение суммарного месячного притока воды. Анализ графиков многолетнего (1954–2021 гг.) изменения объемов месячного притока воды к Камскому водохранилищу (рис. 4) показал, что практически во все месяцы, за исключением мая, июня и сентября, прослеживается видимый тренд на увеличение. Величины изменения объема притока воды в Камское водохранилище по месяцам приведены в табл. 3. Выполненные исследования показали, что наблюдается существенное увеличение объема притока воды за период современных климатических изменений (1978–2021 гг.) по сравнению с периодом стационарного климата (1954–1977 гг.), особенно в зимние месяцы.

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

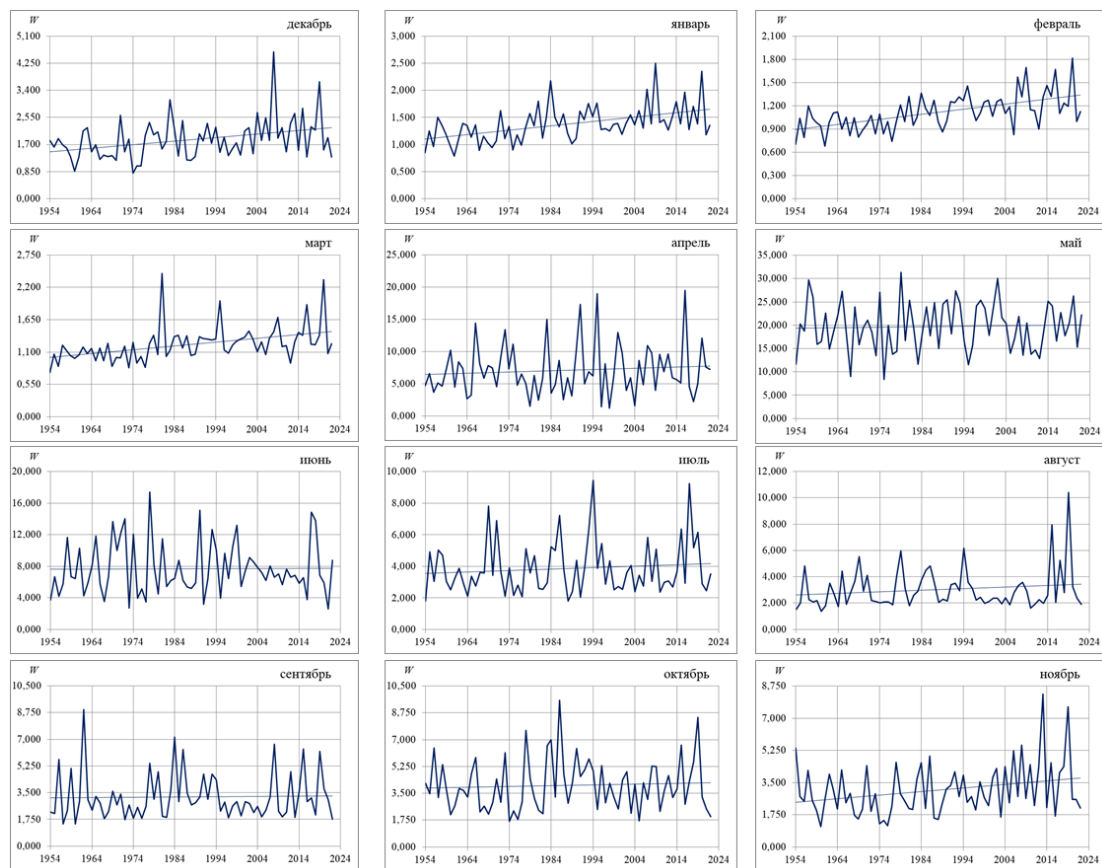


Рис. 4. Многолетнее (1954–2021 гг.) изменение объема месячного притока (W , км³/мес) воды к Камскому водохранилищу

Fig. 4. Long-term (1954–2021) change in the volume of monthly water inflow (W , км³/month) to the Kama Reservoir

Наименьшие изменения объема притока отмечены в период весеннего наполнения с апреля по июнь (1–7 %), где из-за существенных величин притока прирост на +1,30 км³/мес привел к повышению всего на 7 %. С июня по октябрь приток увеличивался уже на 13–21 %, что составляет средний прирост на 0,106–0,189 км³/мес за каждое десятилетие. Наибольшие изменения произошли в зимние месяцы (ноябрь–март) – объем среднего притока воды за период современных климатических изменений (1978–2021 гг.) увеличился на 28–31 %. Данные изменения оказались статистически значимы ($p > 0,05$) (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Изменение объема притока воды в Камское водохранилище
Change in the water inflow into the Kama Reservoir

Месяц	Объем притока, км ³ /мес		ΔW	
	1954–1977	1978–2021	км ³ /мес	%
январь	1,14	1,50	+0,36	+31
февраль	0,94	1,21	+0,27	+28
март	1,03	1,34	+0,31	+30
апрель	7,04	7,09	+0,05	+1
май	18,9	20,2	+1,30	+7
июнь	7,45	7,80	+0,35	+5
июль	3,56	4,02	+0,46	+13
август	2,66	3,22	+0,56	+21
сентябрь	2,95	3,37	+0,42	+14
октябрь	3,54	4,30	+0,76	+21
ноябрь	2,60	3,37	+0,77	+30
декабрь	1,54	2,02	+0,48	+31
Год	53,3	59,4	+6,10	+11

Примечание: ΔW – изменение объема притока воды за период 1978–2021 гг. по сравнению с периодом 1954–1977 гг.; **жирным курсивом** выделены статистически значимые изменения притока

Note: ΔW – change in water inflow volume for the period 1978–2021 compared to the period 1954–1977; statistically significant changes in inflow are highlighted in **bold italics**

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

Определение года начала значимого увеличения притока в зимние месяцы выполнено по сглаженным 7-летним кривым притока (рис. 5). Результаты показали, что приток воды существенно увеличивается: в ноябре начиная с 1979 г., в декабре с 1977 г., в январе с 1976 г., в феврале с 1977 г., в марте с 1976 г. В среднем начало периода существенного увеличения зимнего притока в Камское водохранилище приходится на 1978 г.

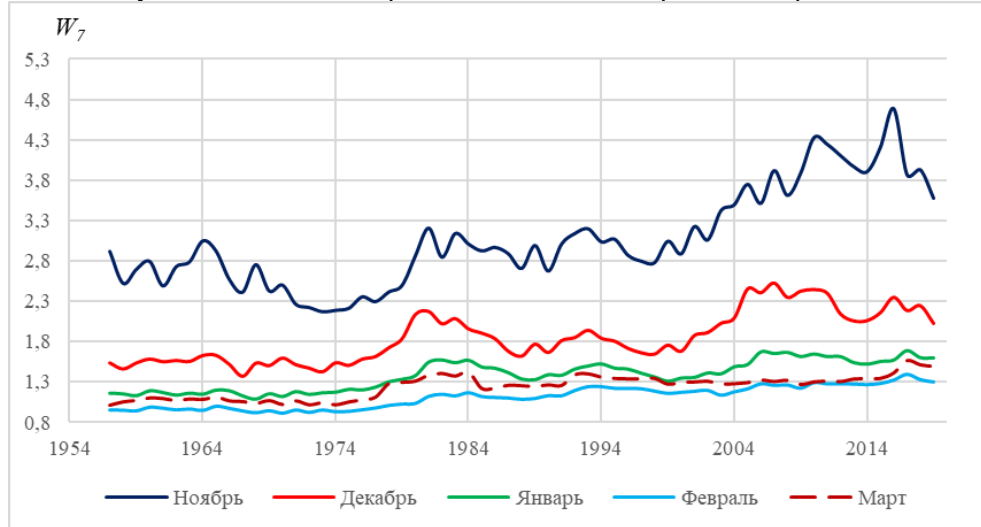


Рис. 5. Сглаженные по 7-леткам объемы притока воды (W_7 , км³/мес) в Камское водохранилище за зимние месяцы
Fig. 5. Volumes of water inflow (W_7 , km³/month) into the Kama Reservoir for the winter months, smoothed over 7 years

Схожие результаты получены в исследовании и других авторов [17], где анализ многолетней изменчивости годового стока семи рек Верхней и Средней Камы показал, что с 1978 г. наблюдается увеличение годового стока рек. Таким образом, в дальнейших расчетах период 1954–1977 гг. принят как период стационарного климата, а период 1978–2021 г. как период современных климатических изменений.

Сезонные изменения притока воды в Камское водохранилище рассчитаны за два выявленных периода: 1954–1977 гг. – период стационарных климатических условий; 1978–2021 гг. – период современных климатических изменений. Среднегодовой объем притока воды в Камское водохранилище за весь период 1954–2021 гг. составил 57,3 км³. При этом после 1978 г. наблюдается увеличение притока в водохранилища во все сезоны на 5–30 %. В период весеннего наполнения (апрель-июнь) приток воды вырос +1,68 км³/сезон (+5 %). В период летне-осенней стабилизации (июль-октябрь) приток воды увеличился на +2,21 км³/сезон, что соответствует увеличению притока на 17 % по сравнению с периодом 1954–1977 гг. Значительно увеличился приток в период зимней сработки (ноябрь-март). Поскольку величины притока в этот сезон небольшие (табл. 4), то увеличение на +2,18 км³/сезон привело к росту притока на 30 % по сравнению с 1954–1977 гг. Данные изменения притока в зимний сезон оказались статистически значимыми.

Таблица 4
Table 4

Среднее значение сезонного притока воды за разные временные периоды и изменение объема среднего притока воды к Камскому водохранилищу
Average value of seasonal water inflow for different time periods and change in the volume of average water inflow to the Kama Reservoir

Сезон	$W_{1954-1977}$		$W_{1978-2021}$		ΔW	
	км ³ /сезон	%	км ³ /сезон	%	км ³ /сезон	%
Зимняя сработка	7,26	13	9,43	16	+2,17	+30
Весеннее наполнение	33,4	63	35,1	59	+1,70	+5
Летне-осенняя стабилизация	12,7	24	14,9	25	+2,20	+17
Приток за год	53,3	100	59,4	100	+6,10	+11

Примечание: $W_{1954-1977}$, $W_{1978-2021}$ – объем среднего притока воды за 1954–1977 и 1978–2021 гг., км³/сезон; ΔW – изменение объема среднего притока воды за период 1978–2021 по сравнению с периодом 1954–1977 гг.; **жирным курсивом** выделены статистически значимые изменения притока

Note: $W_{1954-1977}$, $W_{1978-2021}$ – average water inflow volume for 1954–1977 and 1978–2021, km³/season; ΔW – change in average water inflow volume for the period 1978–2021 compared to the period 1954–1977; statistically significant changes in inflow are highlighted in **bold italics**

До начала выраженных климатических изменений за период наблюдений с 1954 по 1977 г. распределение сезонного стока в % было следующим: зимняя сработка – 13 %, весеннее наполнение – 63 %, летне-осенняя стабилизация – 24 %. После смены цикла водности (1978–2021 гг.) произошло увеличение стока по сезонам и

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

перераспределение стока внутри сезонов, которое стало соответствовать следующему соотношению в % от годового: зимняя сработка – 16 % (+3 %), весеннее наполнение – 59 % (–4 %), летне-осенняя стабилизация – 25 % (+1 %).

Дополнительно выполнена попытка оценить, насколько климатические изменения оказывают влияние на значения притока воды. Для этого построены разностно-интегральные кривые, которые позволяют выявить долговременные периоды (фазы), в течение которых существенно чаще встречаются значения характеристики ниже или выше ее среднемноголетнего значения (рис. 6). Для определения причин изменения притока воды в Камское водохранилище по сезонам осуществлен совместный анализ цикличности притока воды, температуры воздуха и осадков. Выявлено, что объем притока за период зимней сработки имеет синхронные циклы со средней температурой воздуха. При этом незначительное понижение средней температуры в этот период приводит к более существенному снижению стока. Скоррелированность циклов составляет $r = 0,92$. Для периодов весеннего наполнения и летне-осенней стабилизации выявлена лучшая коррелированность циклов притока с осадками. В весенний период коррелированность циклов невысокая – $r = 0,48$, т.к. на приток также оказывают влияние другие факторы, существенно меняющиеся год от года (температура воздуха, дружность весны, предшествующая увлажненность бассейна, глубина промерзания почвы и т.д.).

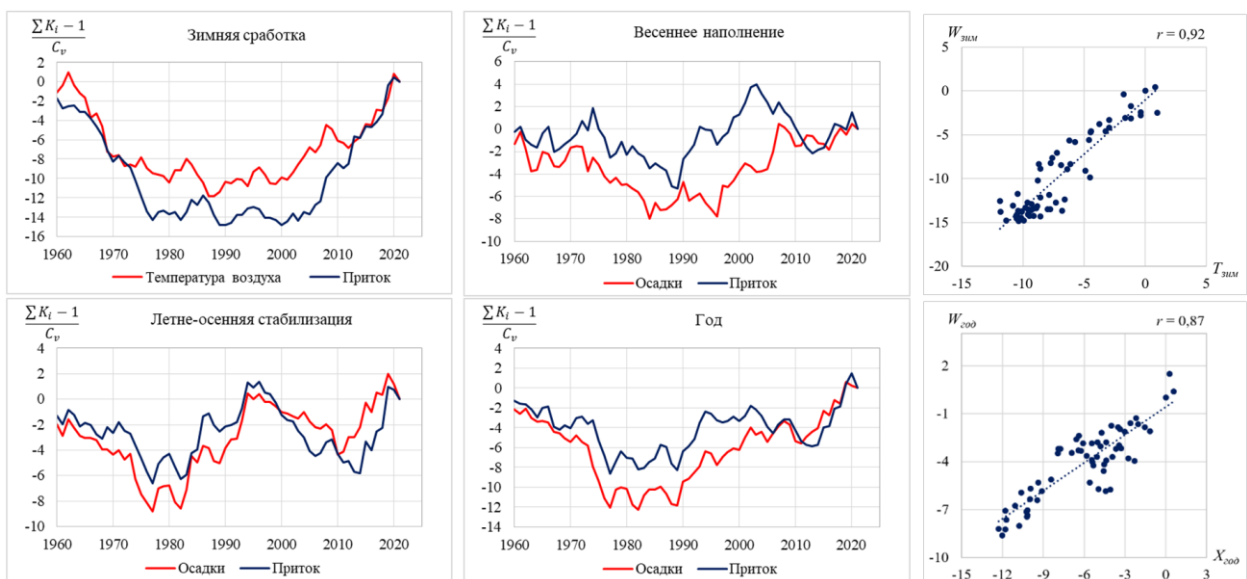


Рис. 6. Совмещенные разностно-интегральные кривые притока воды и климатических характеристик за период 1960–2021 гг. и зависимости циклов:

- (а) притока воды за период зимней сработки ($W_{зим}$) от средней температуры воздуха в этот период ($T_{зим}$)
 (б) годового притока воды ($W_{год}$) от годовой суммы осадков ($X_{год}$)

Fig. 6. Combined difference-cumulative curves of water inflow and climatic characteristics for the period 1960–2021 and dependences of the cycles:

- (а) water inflow during the winter period ($W_{зим}$) vs. the average winter air temperature ($T_{зим}$)
 (б) annual water inflow ($W_{год}$) vs. annual precipitation ($X_{год}$)

В период летне-осенней стабилизации коррелированность циклов высокая ($r=0,73$) и в основном зависит от количества осадков в этот период. Здесь при увеличении осадков наблюдается рост притока воды и наоборот. Циклы годового притока лучше коррелированы с осадками ($r=0,87$), чем с температурой воздуха ($r=0,57$), несмотря на ее существенное изменение.

Многолетние изменения годового притока. Средняя за многолетний период величина годового притока составила $57,3 \text{ км}^3$. Изменчивость годового притока небольшая – $C_v=0,16$. Полученные результаты исследования показали, что за период 1954–2021 гг. наблюдается тенденция к росту притока воды в Камское водохранилище. Оценка значимости тренда величины годового притока воды в водохранилище показала, что тренд статистически значим ($p>0,05$). Увеличение притока в водохранилище во все сезоны в период 1978–2021 гг. привело к росту величины годового притока воды в Камское водохранилище на 11 % (табл. 4).

Выводы

1. Оценка изменений температуры воздуха и осадков для территории водосбора Камского водохранилища за период 1960–2021 гг. показала, что в рядах наблюдается возрастающий тренд во все сезоны. Выявлены статистически значимые тренды у температуры воздуха во все сезоны и у осадков в зимний сезон. Средняя температура воздуха за период 1978–2021 гг. увеличивалась на $0,2\text{--}0,3^\circ \text{C}$ за десятилетие, осадки также росли на $2\text{--}10 \text{ мм}$ за десятилетие. Регистрируемое на территории водосбора Камского водохранилища изменение климатических характеристик, связанное с ростом среднесезонной температуры воздуха, также привело к

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

увеличению количества осадков в зимний период. Зимы на рассматриваемой территории стали более теплыми и влажными.

2. Наименьший приток воды в Камское водохранилище наблюдался в зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март) и изменялся в среднем от 1,12 до 3,10 км³/мес, что соответствует 1,9–5,4 % от годовой величины. Изменчивость притока в зимние месяцы наименьшая – $C_v=0,21-0,35$ – из-за отсутствия поверхностного притока. Наибольший приток воды наблюдался в весенние месяцы (апрель, май, июнь) – 7,07–19,7 км³/мес. Максимальный приток поступает в мае – 34,4 % от годовой величины. Изменчивость притока в период наполнения наибольшая – $C_v=0,26-0,56$, т.к. доля поверхностного питания может существенно меняться от месяца к месяцу.

3. Оценка влияния современных климатических изменений на величину объема притока воды к Камскому водохранилищу выполнена для периода 1978–2021 гг. по сравнению с периодом стационарного климата 1954–1977 гг. Результаты показали, что среднемесячный приток воды увеличился во все месяцы. Незначительно повысился объем притока в весенний период (1–7 %), т.к. сами величины притока достаточно высоки. Существенно вырос приток с июня по октябрь (на 13–21 %). Значительно вырос объем среднего притока в зимние месяцы (ноябрь–март) – на 28–31 %, при этом изменения оказались статистически значимы ($p > 0,05$). В среднем начало периода существенного увеличения зимнего притока в Камское водохранилище приходится на 1978 г.

4. После 1978 года произошло не только увеличение притока по сезонам, но и перераспределение стока внутри сезонов. Объем притока за периоды зимней сработки и летне-осенней стабилизации стал выше на 3 % (16 % от годового) и 1 % (25 %) соответственно, в период весеннего наполнения приток стал ниже на 4 % (59 %).

5. Оценка синхронности изменения циклов притока воды, температуры воздуха и осадков показала, что для периода зимней сработки долговременные фазы притока воды имеют высокую скоррелированность со средней для водосбора температурой воздуха (0,92). Для периодов весеннего наполнения и летне-осенней стабилизации лучшая скоррелированность циклов притока получена с суммой осадков для всего водосбора Камского водохранилища. Циклы годового притока также лучше скоррелированы с осадками ($r=0,87$), чем с температурой воздуха ($r=0,57$).

Библиографический список

1. Агунов А. В. Нормы стока и колебания водоносности рек Западной Сибири // Колебания и изменения речного стока. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 5–47.
2. Вендров С. Л. Изменения максимального стока равнинных рек в связи с преобразованием природы. М.: Речиздат, 1953. 72 с.
3. Георгиади А. Г., Каишутин Е. А. Многолетние изменения годового и сезонного стока рек бассейна Лены // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 2. С. 71–83.
4. Георгиади А. Г., Каишутин Е. А. Долговременные изменения стока крупнейших сибирских рек // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 5. С. 70–81. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-5-70-81 EDN: WLWYIR
5. Георгиади А. Г., Каишутин Е. А. Длительные периоды пониженного/повышенного стока на крупных реках России // CITES'2019. 2019. С. 284–287. EDN: APDKSX
6. Георгиади А. Г., Милокова И. П., Бородин О. О. Особенности многолетних изменений водности рек в бассейне Волги в XIX–XXI веках // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. 2019. С. 102–105. EDN: TCLNON
7. Георгиади А. Г., Коронкевич Н. И., Зайцева И. С., Каишутин Е. А., Барабанова Е. А. Климатические и антропогенные факторы в многолетних изменениях речного стока реки Волги // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 4. С. 4–19. EDN: REWEVB
8. Джамалов Р. Г., Сафронова Т. И., Телегина Е. А. Многолетняя квазипериодичность подземного и поверхностного стока рек России // Недропользование XXI век. 2017. № 5. С. 98–105. EDN: XBZABC
9. Дмитриева В. А. Внутригодовая и многолетняя динамика сезонного речного стока бассейна верхнего Дона // Аридные экосистемы. 2011 Т. 17, № 2(47). С. 23–32. EDN: NTERBF
10. Добровольский С. Г. Межгодовые и многолетние изменения стока рек мира // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 6. С. 643–660. EDN: OJHCYD
11. Дубровская К. А. Многолетнее изменение притока воды к Волховскому водохранилищу // Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития / MGO 2020 имени Л. Н. Карлина: труды IV Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 16–17 декабря 2020 г. СПб: Химиздат, 2020. С. 128–130. EDN: EYZUPY
12. Дубровская К. А. Многолетние изменения притока воды к Ириклинскому водохранилищу // Сборник трудов VI Международной конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития» имени Л. Н. Карлина / MGO-2022: сборник трудов VI Международной конференции, Санкт-Петербург, 14–15 декабря 2022 г. СПб: Из-во «Перо», 2022. С. 86. EDN: UWFQAS
13. Законнова А. В., Литвинов А. С. Многолетние изменения гидроклиматического режима Рыбинского водохранилища // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2016. № 75(78). С. 16–22. DOI: 10.24411/0320-3557-2016-10016 EDN: YRNVFT
14. Иванов Е. Г., Исмаилов Г. Х. Оценка пространственной и временной изменчивости притока к водохранилищам Волжско-Камского каскада // Природообустройство. 2009. № 1. С. 58–62. EDN: JSTOFA
15. Исмаилов Г. Х., Мураценкова Н. В. Исследование временных закономерностей речного стока бассейна Верхнего Дона // Природообустройство. 2019. № 1. С. 35–40. EDN: BFWTUX

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

16. Калинин В. Г., Механошина Е. В. Пространственные закономерности внутригодового распределения стока рек водосбора Воткинского водохранилища // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3(70). С. 49–58. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58 EDN: KGQVXU
17. Калинин В. Г., Чичагов В. В., Гырдымов Д. А. Многолетние колебания годового стока рек водосбора Верхней и Средней Камы // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2023. Т. 33, № 4. С. 456–466. DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-456-466 EDN: ISTPAQ
18. Калугин А. С. Моделирование изменения притока воды в Камское водохранилище // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пермь, 27–30 мая 2021 г. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2021. С. 106–110. EDN: ARQRRI
19. Магрицкий Д. В. Факторы и закономерности многолетних изменений стока воды, взвешенных наносов и теплоты на нижней Лене и Вилюе // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 6. С. 85–95. EDN: VYTUVT
20. Магрицкий Д. В., Кенжебаева А. Ж. Закономерности, характеристики и причины изменчивости годового и сезонного стока воды рек в бассейне р. Урал // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2017. № 3. С. 39–61. EDN: XCTPQN
21. Механошина Е. В., Микова К. Д., Никитина Т. С., Калинин В. Г. Особенности формирования весеннего половодья на реках водосбора Воткинского водохранилища // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2025. Т. 35, № 1. С. 81–91. DOI: 10.35634/2412-9518-2025-35-1-81-91 EDN: VVVKCQ
22. Назаров Н. Н. География Пермского края: учеб. пособие. Ч. II. Природная (физическая) география. Пермь: Перм. ун-т, 2006. 206 с.
23. Регион 59. 10 фактов про Пермский край // Географ и Глобус : сайт. URL: <https://geoglob.ru/10-fakts/regions/permskij-kraj/> (дата обращения: 05.04.2025)
24. Сивохин Ж. Т., Павлейчик В. М. Современные изменения максимального стока рек бассейна реки Урал // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 2. С. 72–80. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2024/2/72-80 EDN: GIVZMI
25. Ушаков М. В. Многолетние колебания годового притока воды к каскаду водохранилищ на реке Каменушке и их предвычисление // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2018. № 4(49). С. 139–145. EDN: CLJTIT
26. Ушаков М. В., Лебедева Л. С. Климатические изменения режима формирования притока воды в Колымское водохранилище // Региональные геосистемы. 2016. Т. 37, № 25(246). С. 120–127. EDN: XQVLXF
27. Фролова Н. Л., Магрицкий Д. В., Киреева М. Б., Агафонова С. А., Поваляшников Е. С. Антропогенные и климатически обусловленные изменения стока воды и ледовых явлений рек Российской Арктики // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 233–251. EDN: XNFPMD
28. Шкляев А. С., Балков В. А. Климат Пермской области. Пермь: Пермское кн. изд-во, 1959. С. 190.
29. Юмина Н. М., Терешина М. А. Многолетние изменения стока рек бассейна Вилюя // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. № 6. С. 62–70. EDN: ZXOJQH
30. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change. The IPCC Scientific Assessment Report Prepared for IPCC by Working Group I. / Eds. by J. T. Houghton, G. J. Jenkins, J. J. Ephraums. 1990. 414 p.
31. Park G. A., Ahn S. R., Lee Y. J., Shin H. J., Park M. J., Kim S. J. Assessment of climate change impact on the inflow and outflow of two agricultural reservoirs in Korea // Transactions of the ASABE. 2009. Vol. 52, No. 6. P. 1869–1883.
32. Shadkam S., Ludwig F., van Oel P., Kirmir Ç., Kabat P. Impacts of climate change and water resources development on the declining inflow into Iran's Urmia Lake // Journal of Great Lakes Research. 2016. Vol. 42, No. 5. P. 942–952.
33. Wang W., Zhu Y., Dong S., Becker S., Chen Y. Attribution of decreasing annual and autumn inflows to the Three Gorges Reservoir, Yangtze River: Climate variability, water consumption or upstream reservoir operation // Journal of Hydrology. 2019. Vol. 579. P. 124180.
34. Historical climate data // WorldClim : website. URL: <https://worldclim.org/data/worldclim21.html> (дата обращения 01.02.25)
35. Zheng J., Sun G., Li W., Yu X., Zhang C., Gong Y., Tu L. Impacts of land use change and climate variations on annual inflow into the Miyun Reservoir, Beijing, China // Hydrology and Earth System Sciences. 2016. Vol. 20, No. 4. P. 1561–1572.

References

1. Agupov A. V. Normy stoka i kolebaniya vodonosti rek Zapadnoy Sibiri [Runoff norms and water content fluctuations of Western Siberian rivers]. *Kolebaniya i izmeneniya rechnogo stoka*, Moscow: USSR Academy of Sciences Press, 1960, pp. 5–47. (In Russ.)
2. Vendrov S. L. *Izmeneniya maksimal'nogo stoka ravninnykh rek v svyazi s preobrazovaniyem prirody* [Changes in maximum runoff of plain rivers due to land transformation]. Moscow: Rechisdat, 1953, 72 p. (In Russ.)
3. Georgiadi A. G., Kashutina E. A. *Mnogoletnie izmeneniya godovogo i sezonnogo stoka rek basseyna Leny* [Long-term changes in annual and seasonal runoff of the Lena River basin]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2015, no. 2, pp. 71–83. (In Russ.)
4. Georgiadi A. G., Kashutina E. A. Long-term changes in runoff of the largest Siberian rivers. *Izvestiya RAN (Akad. Nauk SSSR). Seriya Geograficheskaya*, 2016, no. 5, pp. 70–81. (In Russ.) DOI 10.15356/0373-2444-2016-5-70-81
5. Georgiadi A. G., Kashutina E. A. Dlitel'nye periody ponizhennogo/povyshennogo stoka na krupnykh rekakh Rossii [Extended periods of low/high runoff in major Russian rivers]. *CITES'2019*, 2019, pp. 284–287. (In Russ.)
6. Georgiadi A. G., Milyukova I. P., Borodin O. O. Osobennosti mnogoletnikh izmeneniy vodnosti rek v bassejne Volgi v XIX–XXI vekakh [Features of long-term water content changes in the Volga River basin during the 19th–21st centuries]. *Nauchnye problemy ozdorovleniya rossiyskikh rek i puti ikh resheniya*, 2019, pp. 102–105. (In Russ.)
7. Georgiadi A. G., Koronkevich N. I., Zaitseva I. S., Kashutina E. A., Barabanova E. A. Klimaticheskie i antropogennye faktory v mnogoletnikh izmeneniyakh rechnogo stoka reki Volgi [Climatic and anthropogenic factors in long-term changes of the Volga River runoff]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2013, no. 4, pp. 4–19. (In Russ.)
8. Dzhamalov R. G., Safronova T. I., Telegina E. A. *Mnogoletnyaya kvaziperiodichnost' podzemnogo i poverkhnostnogo stoka rek Rossii* [Long-term quasi-periodicity of groundwater and surface runoff in Russian rivers]. *Nedropol'zovanie XXI vek*, 2017, no. 5, pp. 98–105. (In Russ.)

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

9. Dmitrieva V. A. Vnutrigodovaya i mnogoletnyaya dinamika sezonnogo rechnogo stoka basseyna verkhnego Dona [Intra-annual and long-term dynamics of seasonal runoff in the Upper Don basin]. *Aridnye ekosistemy*, 2011, no. 17(2), pp. 23–32. (In Russ.)
10. Dobrovolsky S. G. Mezhdogodovye i mnogoletnie izmeneniya stoka rek mira [Interannual and long-term changes in global river runoff]. *Vodnye resursy*, 2011, no. 38(6), pp. 643–660. (In Russ.)
11. Dubrovskaya K. A. Mnogoletnee izmenenie pritoka vody k Volkhovskomu vodokhranilishchu [Long-term changes in water inflow to the Volkhov Reservoir]. In *Gidrometeorologiya i ekologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya / MGO 2020 imeni LN Karlina : trudy IV Vserossiiskoi konferentsii, Sankt-Peterburg, 16–17 dekabrya 2020 g.*, Sankt-Peterburg: Khimizdat, 2020, pp. 128–130. (In Russ.)
12. Dubrovskaya K. A. Mnogoletnie izmeneniya pritoka vody k Iriklińskomu vodokhranilishchu [Long-term changes in water inflow to the Iriklin Reservoir]. In *Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoi konferentsii "Gidrometeorologiya i ekologiya: dostizheniya i perspektivy razvitiya" imeni L. N. Karlina / MGO-2022 : Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoi konferentsii, Sankt-Peterburg, 14–15 dekabrya 2022 g.*, Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo "Pero", 2022, p. 86. (In Russ.)
13. Zakonnova A. V., Litvinov A. S. Long-term changes in the hydroclimatic regime of the Rybinsk Reservoir. *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS*, 2016, no. 75(78), pp. 16–22. (In Russ.) DOI 10.24411/0320-3557-2016-10016
14. Ivanov E. G., Ismaylov G. Kh. Otsenka prostranstvennoy i vremennoy izmenchivosti pritoka k vodokhranilishcham Volzhsko-Kamskogo kaskada [Assessment of spatial and temporal variability of inflow to the Volga-Kama reservoir cascade]. *Prirodoustroystvo*, 2009, no 1, pp. 58–62 (In Russ.) DOI 10.35634/2412-9518-2023-33-4-456-466
15. Ismaylov G. Kh., Murashchenkova N. V. Issledovanie vremennykh zakonornostey rechnogo stoka basseyna Verkhnego Dona [Study of temporal patterns of river runoff in the Upper Don basin]. *Prirodoustroystvo*, 2019, no. 1, pp. 35–40. (In Russ.)
16. Kalinin V. G., Mekhanoshina E. V. Territorial features of the intra-annual distribution of river flow on the Votkinsk Reservoir catchment. *Geographical Bulletin*, 2024, no. 3(70), pp. 49–58. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58
17. Kalinin V. G., Chichagov V. V., Gyrdymov D. A. Annual runoff long-term fluctuations in the rivers of the Kama Reservoir catchment. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2023, no. 33(4), pp. 456–466. (In Russ.) DOI 10.35634/2412-9518-2023-33-4-456-466
18. Kalugin A. S. Modelirovanie izmeneniya pritoka vody v Kamskoe vodokhranilishche [Modeling changes in water inflow to the Kama Reservoir]. In *Sovremennyye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov : trudy VIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Perm', 27–30 maya 2021 g.* Perm': Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2021, pp. 106–110 (in Russ.)
19. Magritsky D. V. Faktory i zakonornosti mnogoletnikh izmeneniy stoka vody, vzveshennykh nanosov i teploty na nizhney Lene i Vilyue [Factors and patterns of long-term changes in water, sediment, and heat runoff in the Lower Lena and Vilyuy Rivers]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, 2015, no. 6, pp. 85–95. (In Russ.)
20. Magritsky D. V., Kenzhebayev A. Zh. Zakonornosti, kharakteristiki i prichiny izmenchivosti godovogo i sezonnogo stoka vody rek v basseynе r. Ural [Patterns, characteristics, and causes of variability in annual and seasonal runoff of rivers in the Ural basin]. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnikeskii vestnik)*, 2017, no. 3, pp. 39–61. (In Russ.)
21. Mekhanoshina E. V., Mikova K. D., Nikitina T. S., Kalinin V. G. Features of spring flood formation on the rivers of the Votkinsk Reservoir catchment. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, 2025, vol. 35, no. 1, pp. 81–91. (In Russ.) DOI: 10.35634/2412-9518-2025-35-1-81-91
22. Nazarov N. N. *Geografiya Permskogo kraya Ch. 1. Prirodnaya (fizicheskaya) geografiya* [Geography of the Perm Region. Part II. Natural (physical) geography]. Perm, 2006. 206 p. (In Russ.)
23. *Region 59. 10 faktov pro Permskiy kray* [Region 59. 10 facts about Perm Kray] website. (In Russ.) URL: <https://geoglob.ru/10-fakts/regions/permskiy-kraj/> (Accessed 04 May 2025).
24. Sivokhip Zh. T., Pavleichik V. M. Recent changes in maximum runoff of rivers in the Ural River basin. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2024, no. 2, pp. 72–80. (In Russ.) DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2024/2/72-80
25. Ushakov M. V. Mnogoletnie kolebaniya godovogo pritoka vody k kaskadu vodokhranilishch na reke Kamenushke i ikh predvyehislenie [Long-term fluctuations in annual water inflow to the cascade of reservoirs on the Kamenushka River and their forecasting]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana)*, 2018, no. 4(49), pp. 139–145 (in Russ.)
26. Ushakov M. V., Lebedeva L. S. Klimaticheskie izmeneniya rezhima formirovaniya pritoka vody v Kolym'skoe vodokhranilishche [Climatic changes in the formation regime of water inflow to the Kolyma Reservoir]. *Regional'nyye geosistemy*, 2016, no. 37(25), pp. 120–127 (in Russ.)
27. Frolova N. L., Magritsky D. V., Kireeva M. B., Agafonova S. A., Povalishnikova E. S. Antropogennyye i klimaticheski obuslovlennyye izmeneniya stoka vody i ledovykh yavleniy rek Rossiyskoy Arktiki [Anthropogenic and climatically driven changes in water runoff and ice phenomena of Russian Arctic rivers]. *Voprosy geografii*, 2018, no. 145, pp. 233–251 (in Russ.)
28. Shklyayev A. S., Balkov V. A. *Klimat Permskoy oblasti* [Climate of the Perm Region]. Perm: Perm Publ, 1959. 190 p. (In Russ.)
29. Yumina N. M., Tereshina M. A. Mnogoletnie izmeneniya stoka rek basseyna Vilyuy [Long-term changes in runoff of rivers in the Vilyuy basin]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, 2017, no. 6, pp. 62–70 (in Russ.)
30. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change. The IPCC Scientific Assessment Report Prepared for IPCC by Working Group I. Eds. by J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums, 1990, 414 p.
31. Park G. A., Ahn S. R., Lee Y. J., Shin H. J., Park M. J., Kim S. J. Assessment of climate change impact on the inflow and outflow of two agricultural reservoirs in Korea. *Transactions of the ASABE*, 2009, vol. 52, no. 6, pp. 1869–1883.
32. Shadkam S., Ludwig F., van Oel P., Kirmir C., Kabat P. Impacts of climate change and water resources development on the declining inflow into Iran's Urmia Lake. *Journal of Great Lakes Research*, 2016, vol. 42, no. 5, pp. 942–952.
33. Wang W., Zhu Y., Dong S., Becker S., Chen Y. Attribution of decreasing annual and autumn inflows to the Three Gorges Reservoir, Yangtze River: Climate variability, water consumption or upstream reservoir operation. *Journal of Hydrology*, 2019, vol. 579, pp. 124180.
34. Historical climate data. *WorldClim*: website. URL: <https://worldclim.org/data/worldclim21.html> (Accessed 1 February 2025).

Гидрология

Микова К. Д., Механошина Е. В., Ромашова В. Н., Колегов М. В.

35. Zheng J., Sun G., Li W., Yu X., Zhang C., Gong Y., Tu L. Impacts of land use change and climate variations on annual inflow into the Miyun Reservoir, Beijing, China. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2016, vol. 20, no. 4, pp. 1561–1572.

Статья поступила в редакцию: 25.06.25, одобрена после рецензирования: 03.10.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 25 June 2025; approved after review: 3 October 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Ксения Дмитриевна Микова

Кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: mikovak@yandex.ru

Екатерина Владимировна Механошина

Старший преподаватель кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: katya_mehanoshina@mail.ru

Виктория Николаевна Ромашова

Студент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: vikt.romashova@yandex.ru

Матвей Владимирович Колегов

Магистрант 1 курса кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: matvelv@yandex.ru

Information about the authors

Ksenia D. Mikova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Ekaterina V. Mekhanoshina

Senior Lecturer, Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Victoria N. Romashova

Student, Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Matvey V. Kolegov

1st year Master's Student, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Вклад авторов

Микова К. Д. – идея статьи, численные эксперименты, обработка материала, написание отдельных частей статьи, подготовка таблиц и иллюстраций.

Механошина Е. В. – научное редактирование текста, проведение численных экспериментов, обработка материала, написание отдельных частей статьи.

Ромашова В. Н. – проведение численных экспериментов, обработка материала, написание отдельных частей статьи, подготовка иллюстраций.

Колегов М. В. – проведение численных экспериментов, написание отдельных частей статьи, подготовка иллюстраций.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ksenia D. Mikova – the idea of the article; numerical experiments; material processing; writing of some parts of the article; preparation of tables and illustrations.

Ekaterina V. Mekhanoshina – scientific editing; numerical experiments; material processing; writing of some parts of the article.

Victoria N. Romashova – numerical experiments; material processing; writing of some parts of the article; preparation of illustrations.

Matvey V. Kolegov – numerical experiments; writing of some parts of the article; preparation of illustrations.

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

ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.455+556

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108

EDN: PXUYEP



**ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ВОДЕ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН
(НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. СУРЕ И ИРИКЛИНСКОГО НА Р. УРАЛ)**

Елена Александровна Шашуловская¹, Светлана Александровна Мосияш²^{1, 2} Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Саратов, Россия¹ shash.elena2010@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1072-7046, SPIN-код: 6307-1475, eLibrary Author ID: 568462² mosiyasha@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0875-6358, SPIN-код: 9489-7352, eLibrary Author ID: 568463

Аннотация. Органическое вещество природных гидросистем является важным компонентом, определяющим биологическую продуктивность и качество воды. Исследование особенностей его формирования в зависимости от природно-климатических условий и антропогенной нагрузки имеет важное значение. Подобные исследования проводятся преимущественно на озерных системах. Между тем влияние погодных и гидрологических факторов на относительно небольшие водохранилища комплексного назначения в условиях значительной антропогенной нагрузки позволяют фиксировать изменения на водосборе в течение короткого периода времени. Данная статья посвящена результатам 4-летних исследований органического вещества в двух искусственных водоемах комплексного назначения разных географических зон. Пензенское водохранилище (р. Сура) расположено в зоне смешанных и широколиственных лесов, Ириклинское (р. Урал) – в зоне лесостепей и степей. Разные климатические условия обуславливают содержание и доминирующий тип органического вещества в каждом водоеме. Цель работы – оценить сезонную динамику и факторы, влияющие на его содержание. Метод главных компонент позволил структурировать показатели аллохтонного и автохтонного органического вещества на основе их преимущественного генезиса. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище велика роль автохтонного гумуса, образующегося при продукционных процессах. На сезонную динамику аллохтонного органического вещества влияют объем стока в половодье, а также внутриводоемные процессы. Континентальность климата бассейна Ириклинского водохранилища определяет малое количество осадков, основная доля которых приходится на весенний период, в течение которого с водосбора, бедного веществами гумусовой природы, поступает основная доля аллохтонных веществ, которые вовлекаются в трофическую структуру водоема.

Ключевые слова: Пензенское водохранилище, Ириклинское водохранилище, органическое вещество, водный приток, природно-климатические условия

Благодарности. Авторы выражают большую признательность коллегам лаборатории рыбохозяйственной экологии Саратовского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» И. Г. Филимоновой, М. А. Сивушиной и Л. В. Гришиной за помощь в обработке гидрохимического материала, В. Б. Руденко-Травину за предоставление многолетнего гидрологического материала, а также всем сотрудникам филиала, проводившим отбор проб.

Для цитирования: Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Особенности динамики органического вещества в воде разнотипных водохранилищ различных географических зон (на примере Пензенского водохранилища на р. Сура и Ириклинского на р. Урал) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 99–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108 EDN: PXUYEP

HYDROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108

EDN: PXUYEP

**ORGANIC MATTER DYNAMICS IN THE WATER OF RESERVOIRS OF
DIFFERENT TYPES IN DIFFERENT GEOGRAPHICAL ZONES
(PENZA RESERVOIR ON THE SURA RIVER VS. IRIKLINSKY RESERVOIR ON THE URAL RIVER)**

Elena A. Shashulovskaya¹, Svetlana A. Mosiyash²^{1, 2} Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Saratov, Russia¹ shash.elena2010@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1072-7046, SPIN-code: 6307-1475, eLibrary Author ID: 568462² mosiyasha@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0875-6358, SPIN-code: 9489-7352, eLibrary Author ID: 568463

© Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

Abstract. The organic matter of natural hydroecosystems is an important component determining biological productivity and water quality. The study of the processes of its formation depending on natural and climatic conditions and anthropogenic load is important. Such studies are conducted mainly on lake systems. Meanwhile, the influence of weather and hydrological factors on relatively small multipurpose reservoirs under conditions of significant anthropogenic load makes it possible to note changes in the catchment area within a short period of time. This article presents the results of a 4-year research on organic matter in two artificial multipurpose reservoirs located in different geographical zones. Penza Reservoir (Sura River) is located in the zone of mixed and broad-leaved forests, Iriklin'sky Reservoir (Ural River) – in the zone of forest-steppes and steppes. Different climatic conditions determine the content and dominant type of organic matter in each reservoir. The study aims to evaluate seasonal dynamics of organic matter and factors influencing its content. The principal component analysis was used to structure the indicators of allochthonous and autochthonous organic matter based on their predominant genesis. In the Penza Reservoir, which is shallow and well warmed up in the summer, the role of autochthonous humus formed during production processes is great. The seasonal dynamics of allochthonous organic matter are influenced by the volume of runoff during high water, as well as by intra-reservoir processes. The continental climate of the Iriklin'sky Reservoir basin determines a low amount of precipitation, the main part of which falls on the spring period, when the main proportion of allochthonous substances that are involved in the trophic structure of the reservoir comes from the catchment area, poor in humic substances.

Keywords: Penza reservoir, Iriklin'sky reservoir, organic matter, water inflow, natural and climatic conditions

Acknowledgments. The authors are very grateful to the colleagues from the Laboratory of Fisheries Ecology at the Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography – I. G. Filimonova, M. A. Sivushina, and L. V. Grishina – for their help in processing the hydrochemical material, and to V. B. Rudenko-Travin – for providing long-term hydrological material, as well as to all the Saratov Branch employees who carried out the sampling.

For citation: Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Organic matter dynamics in the water of reservoirs of different types in different geographical zones (Penza Reservoir on the Sura River vs. Iriklin'sky Reservoir on the Ural River). *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 99–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-99-108 EDN: PXUYEP

Введение

Органическое вещество (ОВ) является важным компонентом биологической продуктивности экосистем, активно участвует в миграции некоторых элементов и во многом определяет качество воды [5]. ОВ природных вод подразделяют на две основные группы: автохтонное, образующееся в самом водоеме за счет продукционно-деструкционных процессов, и аллохтонное, поступающее извне с атмосферными осадками, речным и подземным стоком, сточными водами.

Исследование особенностей изменения содержания ОВ озерных систем в зависимости от природно-климатических условий на водосборе, температурных условий региона, антропогенной нагрузки относится к актуальным проблемам современной экологии [3; 6–8; 23]. В последние годы на процессы содержания ОВ значительное влияние оказывает климатическая трансформация через интенсификацию биогеохимических циклов и изменения гидрологических условий в водоемах и на водосборах.

В настоящее время установлены общие закономерности увеличения ОВ любого генезиса в озерах по мере продвижения от северных к южным широтам [7], что указывает на синхронно повышающуюся биологическую продуктивность. В северных водоемах количество аллохтонного ОВ в несколько раз превышает количество автохтонного, в южных озерах лесной и лесостепной зон преобладает автохтонное ОВ благодаря интенсивно протекающим процессам их создания и разрушения [8].

Водохранилища как природно-техногенные образования, в отличие от озер, расположены в основном в густонаселенных районах с интенсивно развитой хозяйственно-экономической деятельностью на водосборе, которая оказывает существенное воздействие на продукционно-деструкционные процессы. Особенности многолетней динамики ОВ в крупных водохранилищах описаны в работах [2; 12; 22]. Однако недостаточно изученным остается вопрос об особенностях трансформации содержания ОВ в относительно небольших водохранилищах комплексного назначения разных географических зон, в которых изменения на водосборе быстро сказываются на качестве воды. Влияние погодных и гидрологических факторов, а также зарегулирование стока и антропогенная нагрузка на экосистемные характеристики таких искусственных водоемов проявляются быстрее, поэтому их можно использовать для изучения процессов трансформации ОВ в течение относительно короткого периода времени.

Ириклинское водохранилище, расположенное в зоне лесостепей и степей в условиях семиаридного климата, является самым крупным искусственным водоемом на р. Урал. Для его бассейна характерны маловодность и большие колебания объема стока по годам и сезонам [15]. Полная смена водных масс в водоеме происходит один раз в два года. Объем водохранилища – 3,26 км³, средняя глубина – 12,5 м, максимальная – 36 м. Высокая антропогенная освоенность водосбора приводит к значительному повышению содержания тяжелых металлов в абиотических компонентах Ириклинского водохранилища [21].

Пензенское водохранилище создано на р. Сура (бассейн Волги) в зоне смешанных и широколиственных лесов. Объем водохранилища – 0,56 км³, коэффициент водообмена – ~ 2,5. Средняя глубина водохранилища –

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

5 м, максимальная – 15 м. Антропогенная нагрузка на водоем определяется в первую очередь сельскохозяйственной деятельностью.

Цель нашей работы – оценить сезонную динамику и факторы, влияющие на содержание аллохтонного и автохтонного ОВ в Пензенском и Ириклинском водохранилищах, расположенных в различных природно-климатических зонах и различающихся по уровню антропогенной нагрузки, в 2021–2024 гг.

Материалы и методы исследования

Краткая характеристика объектов исследования. Глубоководное Ириклинское водохранилище расположено на территории Оренбургской области в ущелье Уральского горного сооружения и представляет собой цепь русловых озеровидных расширений со скалистыми берегами (рис. 1). Климат резко континентальный с малым количеством осадков, основная доля которых наблюдается в зимний период. Как результат, преобладает снеговое питание, и основной сток (60–90 %) приходится на период снеготаяния (весну). В последнее десятилетие увеличилась аридность климата в регионе при выраженном снижении водности [4].

На формирование режима уровня водохранилища существенное влияние оказывают работа Ириклинского гидроузла и водность уральского бассейна. Ежегодно водохранилище в марте срабатывается до минимальных отметок, а затем наполняется в течение половодья (апрель–май). В период весеннего наполнения на водохранилище отмечается повышение уровня воды в маловодный год (2022) на 0,3 м, в многоводный (2024) – до 2 м. После непродолжительной стабилизации уровень снова снижается и к октябрю достигает отметки предполоводной сработки. Годовая амплитуда колебаний уровня воды исследуемый период составила 1,4–3,4 м.

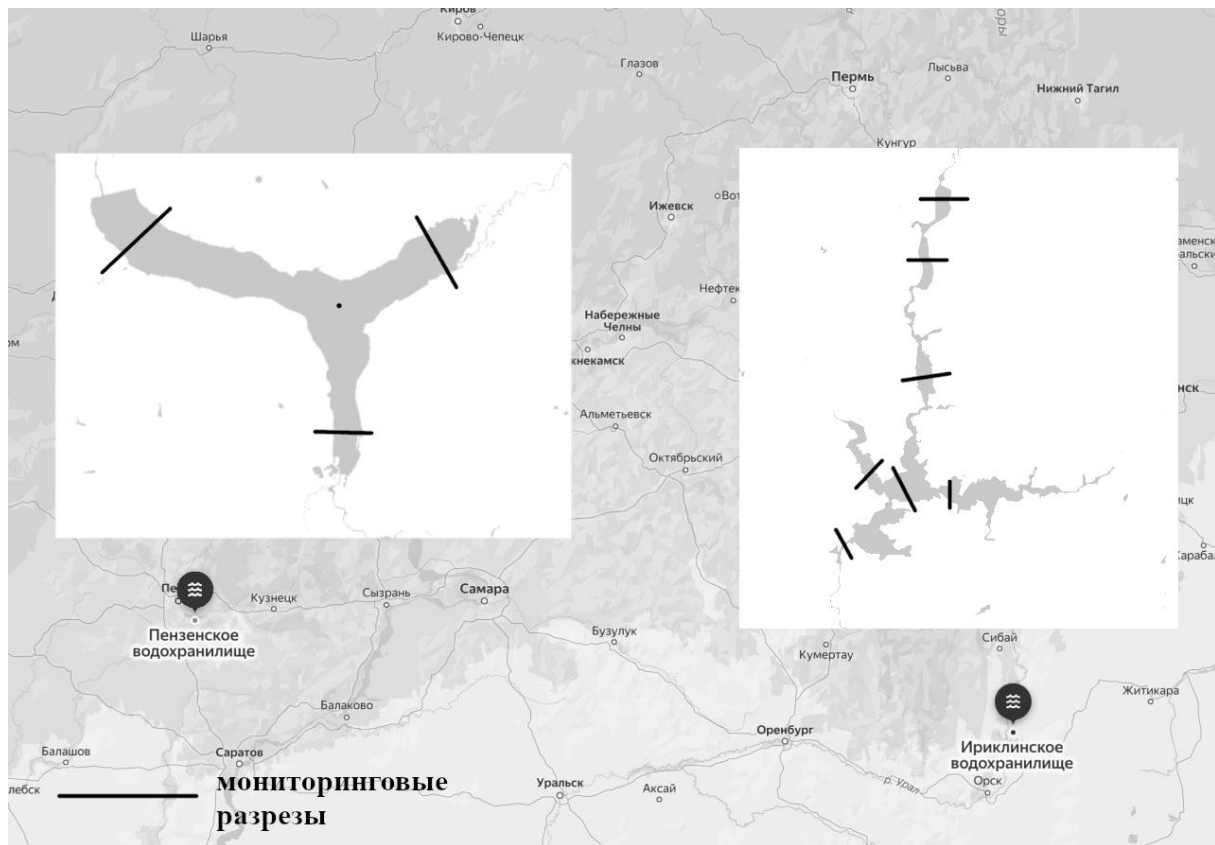


Рис. 1. Карта-схема расположения исследованных водохранилищ

Fig. 1. Layout map of the studied reservoirs

Пензенское водохранилище образовано на слиянии рек Суры и Узы и является самым большим искусственным водоемом в Пензенской области. Верховья водохранилища разделены на два залива. В правый впадает р. Сура, в левый – р. Уза. Чаша водохранилища образована за счет затопления нижней части долины р. Суры. Прилегающая местность с правого берега покрыта смешанным лесом, с левого – открытая, луговая с расположенными населенными пунктами и животноводческими фермами. Климат района расположения водохранилища умеренно континентальный, со снежной умеренно холодной зимой и теплым летом [10]. Для территории характерно умеренное увлажнение. Питание водохранилища смешанное, преимущественно снеговое.

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

Уровенный режим Пензенского водохранилища имеет особенности, повторяющиеся ежегодно и характеризующиеся четко выраженным весенним половодьем. В летний период уровень воды также поддерживается на максимальной отметке, близкой к НПУ (150 м). Сработка уровня начинается в октябре и весь зимний период до половодья (март) держится на уровне 146,9–147,6 м. В течение года колебание уровня составляет ~ 3 м.

Материалом данной работы являются собственные исследования Пензенского и Ириклинского водохранилищ, проведенные в 2021–2024 гг. Пробы воды отбирали весной (апрель–май), летом (июль) и осенью (октябрь) на русловых (поверхность, придонный горизонты) и прибрежных участках (поверхность) с помощью батометра Рутнера. Во всех точках измеряли температуру воды с помощью погружного термометра. Всего было отобрано и проанализировано 458 проб.

Материалы по климату получены из ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [1]. Данные по водному режиму заимствованы на сайтах открытого доступа Филиалов «Управление эксплуатации Ириклинского водохранилища» и «Сурской гидроузла» [13; 14].

Для оценки косвенных характеристик ОВ в воде водохранилищ анализировали показатели цветности, перманганатной (ПО) и бихроматной (ХПК) окисляемости, БПК₅ по стандартным гидрохимическим методикам.

Содержание органического углерода (ТОС) и общего азота определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе ТОС-LCPN (Shimadzu, Япония). Концентрацию органического азота (N_{орг}) вычисляли как разницу между общим содержанием и суммой его минеральных форм (аммонийной, нитритной и нитратной), определение которых проводили фотометрически на спектрофотометре UV 1800 (Shimadzu, Япония).

Для статистической обработки результатов использовали специализированный пакет Statgraf Centurion XVI, для построения графиков и диаграмм – стандартные программы для персонального компьютера. Для оценки степени связи между показателями применяли коэффициент корреляции Пирсона. Для удовлетворения предположения о нормальности распределения данные были преобразованы путем логарифмирования. Все статистические характеристики, приведенные в тексте, значимы при $p \leq 0,05$.

Для структурирования многомерного массива исходных гидрохимических параметров использовали метод главных компонент. Критерием для выделения оптимального числа факторов служили собственные значения, являющиеся дисперсиями главных компонент (ГК). Для повышения интерпретируемости факторов использовали процедуру вращения осей координат факторного пространства методом «варимакс». Рассматривали только те ГК, дисперсии которых больше единицы. Достоверными признавались нагрузки $\geq 0,7$.

Результаты исследования и их обсуждение

Краткая характеристика гидрологических и метеорологических условий исследуемых водохранилищ.

Основные абиотические характеристики исследуемых водоемов отражают общие закономерности климатических областей при движении с запада на восток, связанные прежде всего с особенностями радиационного режима и степенью увлажненности территорий. Возрастание континентальности климата способствует увеличению годовых перепадов температуры воздуха (к более холодной продолжительной зиме и жаркому лету) и уменьшению годового количества осадков. Для бассейна Ириклинского водохранилища, климат которого резко континентальный, характерны более жаркое лето и низкая среднегодовая температура воздуха, меньшее количество осадков (табл. 1). Продолжительность безледного периода, в течение которого протекает большая часть продукционно-деструкционных процессов, различается в исследованных водохранилищах незначительно.

Природно-климатические условия водосборной территории и особенности геологического строения определяют минерализацию вод и реакцию среды pH, значения которых в Ириклинском водохранилище выше (табл. 1). Прозрачность воды в исследованных водохранилищах невелика (табл. 1).

Годовой приток к Пензенскому водохранилищу в период исследования колебался от 1,03 до 1,56 км³, наибольшие величины приходились на период половодья (табл. 2). Максимальный объем весеннего притока отмечен в 2023 г., минимальный – в 2021 г. Летняя температура воды колебалась от 21,8 до 27,0° С с максимумом в 2022 г. На Ириклинском водохранилище объем притока изменялся в широком диапазоне 0,55–4,81 км³ (табл. 3), причем экстремально высокое половодье (2,93 км³) в 2024 г. превышало среднемноголетние значения в 3–9 раз. Аномально высокая высота снежного покрова, глубокое промерзание почвы и резкое потепление привели к быстрому таянию снега и значительному увеличению водности [13]. Минимальный объем весеннего притока (0,24 км³) отмечен в 2022 г. Наибольший летний прогрев воды фиксировали в 2023 г., а наименьший – в 2024 г., когда приток увеличился в 5–8 раз (табл. 3). Несмотря на более жаркое лето в уральском регионе (табл. 1), температура воды в этот период в глубоководном Ириклинском водохранилище ниже вследствие термической стратификации.

Особенности в рельефе, геологическом строении и климатических условиях водосборных территорий исследованных водохранилищ стали факторами, обусловившими различия в содержании ОВ.

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

Таблица 1
Table 1

Сравнительная характеристика основных абиотических показателей исследуемых водоемов и их водосборных бассейнов
Comparative characteristics of the main abiotic indicators of the studied reservoirs and their drainage basins

Показатель	Водохранилища	
	Пензенское	Ириклинское
Координаты	53.027005 с.ш., 45.290730 в.д.	51.891411 с.ш., 58.882662 в.д.
Протяженность, км	32	73
Площадь водного зеркала, км ²	110	260
Полный объем, км ³	0,56	3,25
Водообмен, раз в год	2,3	0,5
Средняя глубина, м	5	12,5
Максимальная глубина, м	15	36
Площадь водосбора, км ²	13800	36950
Июльская температура воды, 2021–2024 гг., °С	21,8–27,0	21,2–24,5
Объем притока, км ³	1,0–1,6	0,6–4,8
Среднегодовая температура воздуха в регионе в 2021–2024 гг., °С	7,0	5,3
Средняя температура воздуха в регионе летом в 2021–2024 гг., °С	20,7	21,1
Годовое количество атмосферных осадков, мм	407–676	248–514
Безледный период, сут	226–230	232–236
Прозрачность, м	0,4–1**	1,5–1,8*
Минерализация, мг/дм ³	245–333	370–554*
Реакция среды pH, ед. pH	6,8–9,0**	7,6–9,2

Примечание: * по [19], ** по [20]

Note: * according to [19], ** according to [20]

Таблица 2
Table 2

Гидрологические и термические показатели Пензенского водохранилища в период 2021–2024 гг.
Hydrological and thermal parameters of the Penza Reservoir in the period 2021–2024

Год исследования	Приток, км ³			Годовой приток, км ³	Т воды, °С		
	март-апрель	июнь-июль	сентябрь-октябрь		апрель	июль	октябрь
2021	0,29	0,17	0,12	1,03	7,1	26,8	4,6
2022	0,47	0,16	0,14	1,23	8,5	27,0	11,6
2023	0,78	0,15	0,12	1,56	14,3	21,8	13,5
2024	0,53	0,14	0,11	1,27	12,1	26,2	16,2

Таблица 3
Table 3

Гидрологические и термические показатели Ириклинского водохранилища в период 2021–2024 гг.
Hydrological and thermal parameters of the Iriklin'sky Reservoir in the period 2021–2024

Год исследования	Приток, км ³			Годовой приток, км ³	Т воды, °С		
	март-май	июнь-июль	сентябрь-октябрь		май	июль	октябрь
2021	0,61	0,086	0,035	0,86	19,8	22,7	9,5
2022	0,24	0,12	0,05	0,55	10,8	21,5	7,1
2023	1,26	0,074	0,10	1,66	11,8	24,5	8,5
2024	2,93	0,61	0,33	4,81	13,5	21,2	7,4

Цветность воды, главным образом характеризующая содержание окрашенных гуминовых веществ аллохтонного происхождения, связана, как правило, с заболоченностью водосборной территории. Минимальные значения отмечены нами для Ириклинского водохранилища, на водосборе которого отсутствуют болота и торфяники – источники гуминовых кислот, а почвенный покров водосборного бассейна образуют преимущественно южные слабогумусные маломощные черноземы в комплексе со степными солонцами различной степени засоленности, а также каменистыми грядами и сопками [15]. В воде Пензенского водохранилища показатели цветности выше с максимумом весной 2022 г., когда показатель увеличился до 100 град. (табл. 4). Отмечена корреляционная связь между цветностью воды и притоком водохранилища ($r=0,57$). Заболоченные мелководные участки в верхней части Пензенского водохранилища, заросшие высшей водной

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

растительностью, являются не только местом нереста рыб, но и, вероятно, «поставщиками» автохтонного гумуса, который в многоводные годы и определяет интенсивную окраску воды в искусственном водоеме. Для Ириклинского водохранилища связь между цветностью и притоком ($r=0,96$) наблюдали только в период весеннего половодья.

Таблица 4

Table 4

Сезонная динамика содержания ОВ в воде исследованных водоемов в период 2021–2024 гг.

(1 – весна, 2 – лето, 3 – осень)

Seasonal dynamics of the OM content in the water of the studied reservoirs in the period 2021–2024

(1 – spring, 2 – summer, 3 – autumn)

Год	сезон	Цветность, град.	ПО, мг/дм ³	ХПК, мг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	$C_{орз}$, мг/дм ³	$N_{орз}$, мг/дм ³
<i>Пензенское водохранилище</i>							
2021	1	46±4	4,5±0,2	13±1	2,2±0,3	5,2±0,3	0,02±0,02
	2	30±2	9,1±0,5	29±3	8,9±1,4	13,0±1,4	0,92±0,17
	3	26±1	4,1±0,2	13±1	3,2±0,2	7,2±0,2	0,24±0,04
2022	1	101±12	6,8±0,5	16±1	4,7±0,6	17,0±0,3	0,006±0,004
	2	31±1	5,6±0,1	27±1	4,2±0,7	9,1±0,5	0,40±0,04
	3	20±0	4,3±0,1	21±1	3,2±0,2	7,6±0,2	0,31±0,04
2023	1	43±1	7,6±0,3	23±2	5,9±0,6	8,8±0,1	0,19±0,04
	2	33±1	7,2±0,5	27±3	2,6±0,4	7,7±0,6	0,37±0,10
	3	29±2	5,7±0,6	19±1	0,9±0,1	6,4±0,2	0,15±0,02
2024	1	50±1	6,9±0,4	22±2	2,9±0,1	8,3±0,2	0,04±0,02
	2	31,0±2	6,6±0,2	31±6	5,3±0,7	9,0±0,2	0,42±0,10
	3	26±1	6,4±0,3	14±1	3,8±0,2	6,6±0,1	0,19±0,03
Среднее	1	60±5	6,4±0,2	19±1	3,9±0,3	9,9±0,8	0,08±0,02
	2	31±1	7,1±0,3	28±2	5,1±0,5	10,0±0,6	0,56±0,07
	3	25±1	5,0±0,2	17±1	3,1±0,2	7,0±0,1	0,24±0,02
<i>Ириклинское водохранилище</i>							
2021	1	15±1	5,8±0,2	43±2	3,1±0,5	6,6±2,0	0,39±0,14
	2	20±1	4,4±0,2	39±2	3,4±0,3	10,2±0,8	0,66±0,07
	3	21±1	4,2±0,1	29±1	2,4±0,4	6,0±0,2	0,28±0,04
2022	1	16±1	5,1±0,1	26±2	3,1±0,4	9,3±1,0	0,31±0,03
	2	17±1	4,3±0,1	24±1	3,0±0,3	7,3±0,7	0,52±0,06
	3	10±0	3,2±0,1	33±1	1,5±0,2	7,1±0,9	0,46±0,02
2023	1	18±1	5,4±0,2	39±1	1,9±0,3	8,0±0,2	0,50±0,04
	2	11±0	4,0±0,2	38±1	–	7,9±0,1	0,62±0,03
	3	10±0	2,8±0,1	31±1	0,2±0,1	7,7±0,4	0,24±0,03
2024	1	30±1	6,5±0,2	21±2	1,8±0,3	6,6±0,5	0,14±0,07
	2	37±3	8,1±0,6	26±2	2,3±0,2	9,9±1,0	0,30±0,04
	3	31±1	6,8±0,3	30±1	3,4±0,6	9,6±0,3	0,20±0,04
Среднее	1	19±3	5,7±0,3	32±5	2,5±0,4	7,6±0,6	0,34±0,08
	2	21±5	5,2±1,0	32±4	2,9±0,3	8,8±0,7	0,52±0,08
	3	18±5	4,3±0,9	31±1	1,9±0,7	7,6±0,8	0,30±0,06

К концу вегетационного сезона интенсивность окраски воды снижается вследствие осаждения и фотохимического разложения. Кроме того, нельзя исключить и антропогенную составляющую – сработку водохранилищ, в результате изменения гидродинамической активности которой трансформируется содержание ОВ. На примере Можайского водохранилища (на р. Москве) показано, что водохранилища сглаживают внутригодовую изменчивость аллохтонного ОВ, которая снижается обратно пропорционально скорости водообмена под влиянием внутриводоемных процессов [2]. Вероятно, в результате низкого водообмена в Ириклинском водохранилище продолжительное время сохраняется водная масса, сформированная водами весеннего половодья, что сглаживает сезонную динамику.

Показатель ПО также характеризует содержание аллохтонного ОВ и поэтому связан с цветностью на Ириклинском водохранилище статистической связью ($r=0,88$), которая усиливается в многоводные годы ($r=0,97$). Подобная зависимость отмечена и на нижеволжских водохранилищах [17]. Особенностью гидрохимического режима Пензенского водохранилища, в отличие от Ириклинского, является отсутствие корреляции между этими показателями.

Содержание общего ОВ, оцениваемое по ХПК, изменялось от 13 до 31 мгО/дм³ в Пензенском водохранилище и в интервале 21–43 мгО/дм³ в Ириклинском (табл. 4). В основном диапазон колебаний

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

показателя был незначителен. Можно отметить некоторое увеличение средних значений общего ОВ в Пензенском водохранилище в летний период по сравнению с весенним и осенним сезонами.

Концентрации легкоокисляемого ОВ (по БПК₅) в Пензенском водохранилище значительны во все сезоны, что зафиксировано было нами и ранее [20], наибольшие значения, в основном, наблюдали в летний период максимального прогрева воды (см. табл. 4). В последнее время отмечена достоверная корреляционная связь между показателями ПО и БПК₅ ($r=0,69$), которая отсутствовала ранее. Возможно, увеличение автохтонной составляющей связано с трансформацией климата вследствие повышения температурных условий и увеличения биологической продуктивности и скорости биохимических процессов. Доля легкоокисляемой органики в общем ОВ, определяемая по соотношению БПК₅/ХПК [11], на уровне 16–21 % характеризует водохранилище на протяжении нескольких десятилетий как стабильно эвтрофное [20].

Количество лабильного ОВ в воде Ириклинского водохранилища ниже в интервале $<0,5-3,4$ мг/дм³ (см. табл. 4), наиболее высокие концентрации характерны для летнего периода. Как в менее трофном искусственном водоеме, соотношение БПК₅/ХПК составило лишь 6–8 %, что определяется особенностями морфометрии и геологического строения водосборной территории.

Содержание ТОС в воде Пензенского водохранилища изменялось в диапазоне 5,2–17,0 мг/дм³, Ириклинского – 6,0–10,2 мг/дм³. Сезонная динамика практически не выражена. В воде Пензенского водохранилища отмечена корреляционная связь ТОС с показателями цветности и БПК₅ ($r=0,62-0,71$).

Наибольшее количество значимых корреляционных связей между исследованными показателями обнаружено в Пензенском водохранилище по сравнению с Ириклинским. Возможно, нестабильные условия среды, проявляющиеся прежде всего в значительных межгодовых колебаниях стока, способствуют ослаблению связей между компонентами ОВ в воде искусственного водоема, расположенного на р. Урал.

Как говорилось нами ранее [18], температурный фактор оказывает меньшее влияние на содержание ОВ в глубоководном Ириклинском водохранилище, в отличие от Пензенского, где температура воды связана статистически с динамикой общего и автохтонного ОВ.

Доминирующей формой азотистых соединений в Ириклинском водохранилище в 2021–2023 гг. являлся N_{орг} (рис. 2В). И только в 2024 году, когда объем притока к искусственному водоему был аномально высоким не только в половодье, но и в летний период, в воде преобладали минеральные формы биогенных элементов, которые поступили в водохранилище в составе органоминеральных комплексов в результате взаимодействия поверхностного стока с почвенным и растительным покровом [16]. В Пензенском водохранилище преобладали минеральные формы азота (рис. 2А), а более высокие концентрации общего азота могли быть следствием сельскохозяйственной деятельности на водосборе. Максимальные концентрации N_{орг} в исследованных водоемах наблюдали в летний период при интенсификации продукционных процессов.

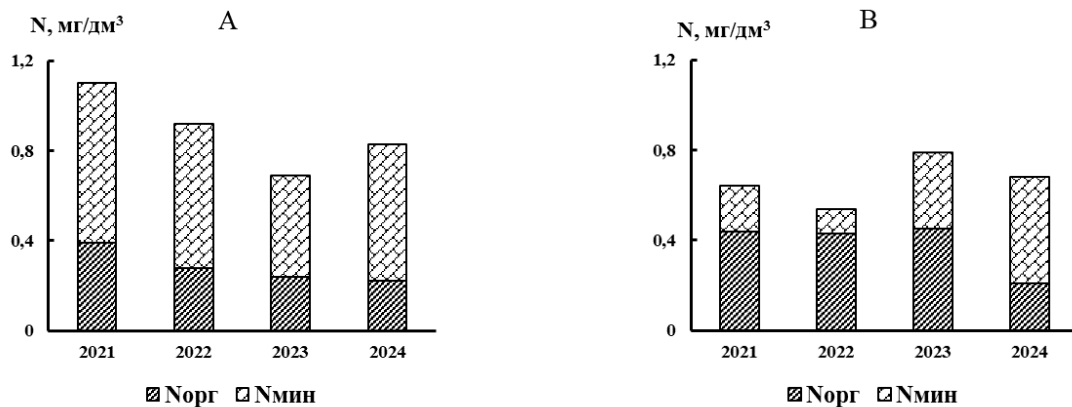


Рис. 2. Межгодовая динамика органического и минерального азота в воде Пензенского (А) и Ириклинского (В) водохранилищ в 2021–2024 гг.

Fig. 2. Interannual dynamics of organic and mineral nitrogen in the Penza (A) and Irklinsky (B) reservoirs in 2021–2024

Для структурирования массива полученной нами гидрохимической информации в исследуемых водохранилищах в различные сезоны 2021–2024 гг. был проведен компонентный анализ (табл. 5). В результате было выделено по две ГК, вбирающие в себя 79 и 63 % суммарной накопленной дисперсии.

В первый главный фактор, определяющий генеральное направление изменчивости гидрохимических параметров и имеющий вследствие этого максимальное собственное значение, в Пензенском водохранилище вошли легкоокисляемое и общее ОВ, N_{орг} и температура воды, т.е. показатели, характеризующие «автохтонное ОВ». В Ириклинском водохранилище определена согласованная динамика цветности, содержания общего ОВ и N_{орг}, а также величина приточности, так как ее факторная нагрузка приближается к значимому уровню. Такую комбинацию показателей можно условно назвать «аллохтонное ОВ». Второй главный фактор Пензенского водохранилища вобрал в себя показатель цветности, содержание ТОС и приточность воды, в Ириклинском

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

водохранилище согласованно изменяются лабильное ОВ, ТОС и температура. Следует отметить, что температура воды и связанное с ней лабильное ОВ является ключевым фактором, влияющим на состав ОВ в Пензенском водохранилище, расположенном в более высоких широтах. Подобная зависимость содержания компонентов ОВ от условий окружающей среды была отмечена и при исследовании озер северо-восточного Китая, находящихся в различном широтном градиенте [23].

Таблица 5

Table 5

Результаты компонентного анализа и матрица факторных нагрузок гидрохимических показателей Пензенского и Ириклинского водохранилищ
Results of component analysis and the matrix of factor loads of hydrochemical parameters in Penza and Iriklinisky Reservoirs

Показатели	Пензенское водохранилище		Ириклинское водохранилище	
	Главные факторы		Главные факторы	
	1	2	1	2
Цветность, град.	-0,22	0,91	-0,77	0,55
БПК ₅ , мг/дм ³	0,80	0,40	0,09	0,79
Температура воды, °С	0,89	-0,23	0,16	0,74
ХПК, мг/дм ³	0,86	-0,09	0,77	0,07
N _{орг} , мг/дм ³	0,93	-0,13	0,81	0,39
ТОС, мг/дм ³	0,44	0,81	0,01	0,70
Приток, км ³	-0,19	0,74	-0,65	-0,09
Собственные значения факторов	3,3	2,3	2,4	2,0
Дисперсия, %	47	32	35	28

Таким образом, в изменениях показателей ОВ исследуемых водохранилищ обнаруживается достаточно выраженная структура, имеющая в основе, очевидно, преимущественный генезис ОВ в водоемах. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище, обладающем большой площадью мелководных участков и значительной сельскохозяйственной нагрузкой в виде притока биогенных элементов, происходит стимуляция продукционных процессов и образование ОВ автохтонной природы. В глубоководном Ириклинском водохранилище в условиях семиаридного климата региона ведущая роль принадлежит аллохтонному ОВ, которое может являться субстратом для развития микрофлоры и вовлекаться в трофическую структуру искусственного водоема [5; 9].

Выводы

1. Исследованные водные объекты расположены в разных климатических областях, которые определяют природные условия территорий их водосборных бассейнов и обуславливают содержание и доминирующий тип ОВ.
2. Континентальность климата бассейна Ириклинского водохранилища определяет малое количество осадков и их поступление преимущественно в весенний период, в течение которого с водосбора, бедного ОВ гумусовой природы, привносится основная доля аллохтонных веществ. В мелководном, хорошо прогреваемом в летний период Пензенском водохранилище велика роль автохтонного гумуса, образующегося при продукционных процессах. На сезонную динамику аллохтонного ОВ влияют объем стока в половодье, а также внутриводоемные процессы.
3. В Пензенском водохранилище отмечены наиболее высокие концентрации автохтонного ОВ, вклад которого в общее ОВ составляет 16–21 %, характеризую водоем как эвтрофный. В менее трофном Ириклинском водохранилище на долю лабильной органики приходится около 6–8 %, что определяется особенностями морфометрии и геологического строения водосборной территории.
4. Объем водного притока, очевидно, является главным фактором, влияющим на формирование ОВ разного происхождения в Ириклинском водохранилище, в то время как в Пензенском водохранилище, расположенном в более высоких широтах, динамику ОВ главным образом определяет термический режим в вегетационный сезон.

Библиографический список

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). URL: <http://www.meteo.ru> (дата обращения 13.05.2025)
2. Даценко Ю. С., Пужлаков В. В. Модельная оценка влияния Можайского водохранилища на трансформацию потока органического вещества // Метеорология и гидрология. 2020. № 8. С. 77–86.
3. Ефремова Т. А., Зобкова М. В. Содержание, распределение и соотношение основных компонентов органического вещества в воде Онежского озера // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2019. № 9 С. 60–75. DOI: 10.17076/lim1017 EDN: QTKHRT
4. Калугин А. С., Чуканов В. В., Мотовилов Ю. Г., Матрюкова А. В., Попова Н. О., Чернобровкин Н. Н. Регулирование стока реки Урал в современных прогнозируемых климатических условиях // Водные ресурсы. 2024. Т. 51, № 5. С. 583–595. DOI: 10.31857/S0321059624050044 EDN: VXUISU
5. Линник П. Н., Иваненко Я. С., Линник Р. П., Жежеря В. А. Гумусовые вещества в поверхностных водах Украины // Экологическая химия. 2013. Т. 22, № 2. С. 74–91. EDN: SWNVQT
6. Лозовик П. А., Зобкова М. В., Рыжиков А. В., Зобков М. Б., Ефремова Т. А., Сабылина А. В., Ефремова Т. В. Аллохтонное и автохтонное органическое вещество природных вод: кинетические и термодинамические закономерности

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

трансформации, количественный и качественный составы // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477, № 6. С. 728–732. DOI: 10.7868/S086956521736021X EDN: ZWZCIR

7. Моисеенко Т. И., Дину М. И. Биогеохимия природных органических веществ в водах суши: распределение и изменчивость при потеплении климата // Геохимия. 2023. Т. 68, № 2. С. 187–196. DOI: 10.31857/S0016752523020061

8. Отыукова Н. Г. Органическое вещество в водных объектах особо охраняемых природных территорий на примере притоков озера Плещеево (Ярославская обл.) и реки Таденки Приокско-террасного биосферного заповедника (Московская обл.) // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 3. С. 344–353. DOI: 10.31857/S0321059621030111 EDN: KVFDFGS

9. Попов А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / ред. Е. И. Ермаков. СПб: СПбГУ, 2004. 248 с.

10. Природа Пензенской области. Пенза: Пенз. кн. изд-во, 1955. 462 с

11. Скопинцев Б. А., Харкевич Н. С. Оценка относительного содержания лабильного органического вещества в природных водах // Тезисы докладов IV Всесоюз. Симпозиума «Органическое вещество и биогенные элементы во внутренних водоемах». Петрозаводск, 1983. С. 115–116.

12. Степанова И. Э. Характеристики органического вещества в Рыбинском водохранилище на современном этапе // Вода: химия и экология. 2015. № 10(88). С. 3–10. EDN: VBWESX

13. Филиал «Сурской гидроузла». URL: <http://gidrouzel-pnz.ru> (дата обращения 23.05.2025)

14. Филиал «Управление эксплуатации Ириклинского водохранилища» ФГБВУ «Центррегионводхоз». URL: <http://ueiv.ru> (дата обращения 16.05.2025).

15. Чибилев А. А., Павлейчик В. М., Дамрин А. Г. Ириклинское водохранилище: геоэкология и природно-ресурсный потенциал, Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 183 с. ISBN: 5-7691-1656-0 EDN: QKOSKL

16. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Влияние аномального половодья на основные гидрохимические компоненты Ириклинского водохранилища (на р. Урал) // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2025. Т. 2. С. 149–153. EDN: RNINEO

17. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Межгодовые изменения содержания органического вещества и биогенных элементов в водохранилищах Нижней Волги: влияние климатической трансформации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3. С. 83–100. DOI: 10.35567/19994508-2024-3-83-100 EDN: DTUNCX

18. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Некоторые подходы к оценке экологического состояния разнотипных водохранилищ на основе взаимосвязи основных гидрохимических параметров // Поволжский экологический журнал. 2019. № 3. С. 371–383. DOI: 10.35885/1684-7318-2019-3-371-383 EDN: LKWAMW

19. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических показателей Ириклинского водохранилища в современных условиях // Известия РАН. Серия географическая. 2022. № 5. С. 697–714. DOI: 10.31857/S2587556622050119 EDN: VKPXWA

20. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., Далечина И. Н., Филимонова И. Г., Гришина Л. В., Кузина Е. Г., Шашуловская О. В. Динамика трофических показателей малого равнинного водохранилища в разные периоды его существования (на примере Пензенского водохранилища на р. Сура) // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. 2020. № 13(4). С. 368–386. DOI: 10.17516/1997-1389-0334 EDN: OKGGQC

21. Шашуловская Е. А., Мосияш С. А., Филимонова И. Г., Кузина Е. Г. Соединения тяжелых металлов в биогеохимии Ириклинского водохранилища // Рыбохозяйственные водоемы России: материалы междунар. научной конференции, посвященной 100-летию ГосНИОРХ. СПб, 2014. С. 1132–1139.

22. Intiazzy Md N., Hunter K., Hudson J. J. In-reservoir transformation of dissolved organic matter as a function of hydrological flow // Journal of Environmental Management. 2024. 352 p. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120099 EDN: JVPKFS

23. Zhu L., Zhou Yu., Bai S., Zhou H., Chen X., Wei Z. New insights into the variation of dissolved organic matter components in different latitudinal lakes of northeast China. Limnol. Oceanol. 2019. No. 1–11. DOI: 10.1002/lno.11316

References

1. All-Russian Research Institute for Hydrometeorological Information – World Data Center (VNIIGMI-MCD). website. (In Russ.) URL: <http://www.meteo.ru> (Accessed 13 May 2025).

2. Dacenko Yu. S., Puklakov V. V. Model'naya otsenka vliyaniya Mozhaiskogo vodokhranilishcha na transformatsiyu potoka organicheskogo veshchestva [Mogel assessment of the Mozhaisk reservoir impact on the transformation of organic matter flow]. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2020, vol. 45, no. 8, pp. 77–86. (In Russ.)

3. Efremova T. A., Zobkova M. V. Concentration, distribution and ratio of the main organic matter components in Lake Onego water. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 9, pp. 60–75 (In Russ.).

4. Kalugin A. S., Chukanov V. V., Motovilov Yu. G., Mastryukova A. V., Popova N. O., Chernobrovkin N. N. Regulation of the Ural River flow under current and projected climate conditions. *Water Resources*, 2024, Vol. 51, no.5, pp. 583-595. (In Russ.).

5. Linnik P. N., Ivanenko Ya. S., Linnik R. P., Zhezherya V. A. Gumusovye veshchestva v poverkhnostnykh vodakh Ukrainy [Humic substances in the surface waters of Ukraine]. *Ekologicheskaya khimiya*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 74–91 (In Russ.).

6. Lozovik P. A., Zobkova M. V., Ryzhakov A. V., Zobkov M. B., Efremova T. A., Sabylina A. V., Efremova T. V. Allochthonous and autochthonous organic matter in natural waters: kinetic and thermodynamic patterns of transformation and quantitative and qualitative compositions. *Doklady Earth Sciences*, 2017, vol. 477, no. 6, pp. 728–732. (In Russ.).

7. Moiseenko T. I., Dinu M. I. Biogeochemistry of natural organic substances in land waters: distribution and variability with climate warming. *Geochemistry*, 2023, vol. 68, no. 2, pp. 187–196 (In Russ.).

8. Otyukova N. G. Organic matter in water bodies of specially protected natural territories on the example of tributaries of Lake Pleshcheyevo (Yaroslavl region) and the Tadenka River of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve (Moscow Region). *Water resources*, 2021, vol. 48, no. 3, pp. 449–458. (In Russ.).

9. Popov A.I. *Guminovye veshchestva: svoystva, stroenie, obrazovanie* [Humic substances: properties, structure, and formation] / Ed. by E. I. Ermakov. Sankt Petersburg: Sankt Petersburg State University, 2004. 248 p. (In Russ.)

10. *Priroda Penzenskoi oblasti* [Nature of the Penza region] Penza: Penz. kn. izd-vo, 1955, 462 p. (In Russ.)

11. Skopintsev B. A., Kharkevich N. S. Otsenka otноситel'nogo soderzhaniya labil'nogo organicheskogo veshchestva v prirodnykh vodakh [Assessment of the relative content of labile organic matter in natural waters]. In *Tezisy dokladov IV Vsesoyuz. Simpoziuma «Organicheskoe veshchestvo i biogennye elementy vo vnutrennikh vodoemakh»*. Petrozavodsk, 1983, pp. 115–116 (In Russ.)

Гидрология

Шашуловская Е. А., Мосияш С. А.

12. Stepanova I. E. Charakteristiki organicheskogo veshchestva v Rybinskom vodokhranilishche na sovremennom etape // [Characteristics of organic matter in the Rybinsk reservoir at the present stage]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2015, no. 10(88), pp. 3–10 (In Russ.).

13. Branch "Surskoy Hydroelectric Complex". website. (In Russ.) URL: <http://gidrouzel-pnz.ru> (Accessed 23 May 2025).

14. Branch "Management of the Iriklin'sky Reservoir" FGBVU "Tsentrregiuvodkhoz". website. (In Russ.) URL: <http://ueiv.ru> (Accessed 16 May 2025)

15. Chibilev A. A., Pavleichik V. M., Damrin A. G. *Iriklin'skoe vodokhranilishche: geokologiya i prirodno-resursnyi potentsial* [Iriklin'sky reservoir: geocology and natural resource potential]. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006, 183 p. (In Russ.)

16. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Vliyaniye anomal'nogo polovod'ya na osnovnye gidrokhimicheskie komponenty Iriklin'skogo vodokhranilishcha (na r. Ural) [The influence of abnormal flooding on the main hydrochemical components of the Iriklin'sky reservoir (on the Ural River)]. In *Sovremennye problemy vodokhranilishch i ikh vodosborov: trudy XVserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Vol. 2. Perm: Perm State National Research University, 2025, pp. 149–153 (In Russ.)

17. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Interannual changes in the content of organic matter and biogenic elements in reservoirs of the Lower Volga: the influence of climatic transformation. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2024, no. 3, pp. 83–100. DOI: 10.35567/19994508-2024-3-83-100 (In Russ.)

18. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Some Approaches to the Assessment of the Ecological State of Different-Type Reservoirs Based on the Relationship among their Main Hydrochemical Parameters. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2019, no. 3, pp. 371–383 (In Russ.).

19. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A. Spatio-Temporal Variability of Hydrochemical Parameters of the Iriklin'skii Reservoir in Modern Conditions. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2022, no. 5, pp. 697–714. (In Russ.).

20. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A., Dalechina I. N., Filimonova I. G., Grishina L. V., Kuzina E. G., Shashulovskaya O. V. Assessment of the trophic state of a small plain reservoir during different periods of its existence (a case study of the Penza reservoir on the Sura River). *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 2020, no. 13(4), pp. 368–386. DOI: 10.17516/1997-1389-0334 (In Russ.)

21. Shashulovskaya E. A., Mosiyash S. A., Filimonova I. G., Kuzina E. G. Soedineniya tyazhelykh metallov v biogidrotsenozе Iriklin'skogo vodokhranilishcha [Heavy metal compounds in the biohydrocenosis of the Iriklin'sky reservoir]. In *Rybkhozyaistvennyye vodoemy Rossii: materialy mezhdunar. nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu GosNIORKH*. Sankt Petersburg, 2014, pp. 1132–1139. (In Russ.).

22. Imtiaz Md N., Hunter K., Hudson J. J. In-reservoir transformation of dissolved organic matter as a function of hydrological flow. *Journal of Environmental Management*. 2024. 352 p. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120099

23. Zhu L., Zhou Yu., S. Bai, H. Zhou, X. Chen, Z. Wei. New insights into the variation of dissolved organic matter components in different latitudinal lakes of northeast China. *Limnol. Oceanology*, 2019, no. 1–11. DOI: 10.1002/lno.11316

Статья поступила в редакцию: 22.07.25, одобрена после рецензирования: 07.11.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 22 July 2025; approved after review: 7 November 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Елена Александровна Шашуловская

Кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией рыбохозяйственной
экологии, Всероссийский научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и океанографии,
Саратовский филиал;
410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152

e-mail: shash.elena2010@yandex.ru

Светлана Александровна Мосияш

Кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории
рыбохозяйственной экологии, Всероссийский
научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии, Саратовский филиал;
410002, г. Саратов, ул. Чернышевского, 152

e-mail: mosiyasha@yandex.ru

Information about the authors

Elena A. Shashulovskaya

Candidate of Biological Sciences,
Head of the Laboratory of Fisheries Ecology,
Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography;
152, Chernyshevskogo st., Saratov, 410002, Russia

Svetlana A. Mosiyash

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher, Laboratory of Fisheries Ecology,
Saratov Branch of the Russian Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography;
152, Chernyshevskogo st., Saratov, 410002, Russia

Вклад авторов

Шашуловская Е. А. – идея, организация работ, проведение расчетов, анализ и обсуждение результатов, написание статьи.

Мосияш С. А. – анализ результатов, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Elena A. Shashulovskaya – the idea; organization of work; calculations; analysis and discussion of the results, writing of the article.

Svetlana A. Mosiyash – analysis of the results; writing of the article.

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

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.513.7

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136

EDN: QOFZQB

**АНОМАЛИИ ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ КОЛЕБАНИЯМИ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ****Вероника Николаевна Маслова¹, Елена Николаевна Воскресенская², Андрей Сергеевич Лубков³**^{1, 2, 3} Институт природно-технических систем, г. Севастополь, Россия¹ veronika_maslova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9134-9539, ResearcherID: G-8994-2017, Scopus Author ID: 36863956600, SPIN-код: 8508-4223, eLibrary Author ID: 916757² elena_voskr@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4889-0180, ResearcherID: AAD-9583-2019, Scopus Author ID: 57114965600, SPIN-код: 3183-6409, eLibrary Author ID: 169689³ andrey-ls2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2578-5548, ResearcherID: W-3156-2019, Scopus Author ID: 57191481458, SPIN-код: 1912-7224, eLibrary Author ID: 915751

Аннотация. Для долгосрочного климатического прогнозирования, рационального природопользования и стратегического планирования в Черноморско-Средиземноморском регионе необходимо учитывать закономерности межгодовой-междесятилетней изменчивости циклонической активности, обусловленные климатическими процессами не только Северной Атлантики, но и всего полушария. Работа посвящена анализу пространственно-временных особенностей частоты и средних траекторий циклонов Черноморско-Средиземноморского региона на фоне Атлантико-Европейского региона в противоположные фазы основных климатических колебаний Северного полушария. Циклоны выделены с использованием 6-часовых данных реанализа NCEP/NCAR о приземном атмосферном давлении и двух независимых методик. Получены следующие основные выводы. Средиземноморское и Западно-Средиземноморское колебания как процессы региональной трансформации более масштабных колебаний Атлантико-Европейского региона могут служить потенциальными предикторами для регионов выхода южных (средиземноморских) циклонов. В отрицательные фазы колебаний циклоническая активность возрастает на западе или в центре Черноморско-Средиземноморского региона. В зимне-весенний период в отрицательные фазы Арктического, Североатлантического, Восточноатлантического колебаний траектории циклонов проходят южнее, воздвигая на Черноморско-Средиземноморский регион. Среди блокирующих колебаний отрицательная фаза моды Восточная Атлантика / Западная Россия характеризуется увеличением частоты циклонов в центре Средиземноморского региона, а в отрицательные фазы Скандинавского и Полярно-Евразийского колебаний циклоническая активность понижена на западе и востоке Средиземноморья. Климатические колебания, характеризующие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения, проявляются в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона с преобладанием отрицательной корреляции: Тропики-Северное полушарие и Западно-Тихоокеанское – зимой, Тихоокеанско-Североамериканское – весной, Восточнотихоокеанское-Северотихоокеанское – осенью. Влияние климатических колебаний, определяемых по температуре поверхности океана, может модулировать межгодовые климатические сигналы Атлантико-Европейского региона в весенний период. При этом частота циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе возрастает при Ла-Нинья и в отрицательные фазы Атлантического междесятилетнего и Тихоокеанского десятилетнего колебания. Выявленные закономерности проявлений 15-ти климатических сигналов составляют основу для дальнейшего исследования процессов формирования аномалий регионального климата.

Ключевые слова: повторяемость циклонов, штормтреки, Черноморский регион, Западное Средиземноморье, Восточное Средиземноморье, барические моды, климатические индексы

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы госзадания ИПТС «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан-атмосфера», номер гос. регистрации 124013000609-2.

Для цитирования: Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С. Аномалии циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи с климатическими колебаниями северного полушария // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 109–136. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136 EDN: QOFZQB



METEOROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136

EDN: QOFZQB

ANOMALIES OF CYCLONIC ACTIVITY IN THE BLACK SEA – MEDITERRANEAN REGION
AND THE NORTHERN HEMISPHERE TELECONNECTION PATTERNSVeronika N. Maslova¹, Elena N. Voskresenskaya², Andrey S. Lubkov³^{1, 2, 3} Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia¹ veronika_maslova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-9134-9539, ResearcherID: G-8994-2017, Scopus Author ID: 36863956600, SPIN-code: 8508-4223, eLibrary Author ID: 916757² elena_voskr@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4889-0180, ResearcherID: AAD-9583-2019, Scopus Author ID: 57114965600, SPIN-code: 3183-6409, eLibrary Author ID: 169689³ andrey-ls2015@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2578-5548, ResearcherID: W-3156-2019, Scopus Author ID: 57191481458, SPIN-code: 1912-7224, eLibrary Author ID: 915751

Abstract. For long-term climate prediction, rational use of natural resources, and strategic planning in the Black Sea–Mediterranean region, it is necessary to take into account the patterns of interannual-interdecadal variability of cyclonic activity associated with climate patterns not only in the North Atlantic but also in the entire hemisphere. The paper analyzes the spatiotemporal features of the frequency and average trajectories of cyclones in the Black Sea–Mediterranean region against the background of the Atlantic–European region in the opposite phases of the main climatic oscillations in the Northern Hemisphere. Cyclones were identified using 6-hourly NCEP/NCAR reanalysis data on sea level pressure and two independent methodologies. The following main conclusions have been obtained. The Mediterranean and Western Mediterranean oscillations, as processes of regional transformation of the larger-scale oscillations in the Atlantic–European region, can serve as potential predictors for the exit regions of the southern (Mediterranean) cyclones. In the negative phases, cyclonic activity increases in the west or in the center of the Black Sea–Mediterranean region. In the winter–spring period, during the negative phases of the Arctic, North Atlantic, and East Atlantic Oscillations, the cyclone trajectories shift to the south, affecting the Black Sea–Mediterranean region. Among the blocking oscillations, the negative phase of the East Atlantic/Western Russia pattern is characterized by an increase in the frequency of cyclones in the center of the Mediterranean region, while in the negative phases of the Scandinavia and Polar/Eurasia patterns, cyclonic activity is reduced in the west and east of the Mediterranean. Climate patterns that characterize the position and intensity of the Pacific jet stream are manifested in the cyclonic activity of the Black Sea–Mediterranean region mainly with negative correlation: the Tropical/Northern Hemisphere and the West Pacific patterns in winter, the Pacific/North American pattern in spring, and the East Pacific–North Pacific pattern in autumn. The influence of climate oscillations determined by sea surface temperature can modulate the interannual climate patterns of the Atlantic–European region in spring. The frequency of cyclones in the Black Sea–Mediterranean region increases during La Niña and during the negative phases of the Atlantic Multidecadal and Pacific Decadal Oscillations. The revealed manifestations of 15 climate patterns form the basis for further research into physical processes of the regional climate anomalies.

Keywords: cyclone frequency, storm tracks, Black Sea region, Western Mediterranean, Eastern Mediterranean, baric modes, climatic indices

Funding. The study was carried out as a state assignment under the topic “Fundamental and applied research into patterns and mechanisms of the formation of regional changes in the natural environment and climate under the influence of global processes in the ocean–atmosphere system” (state registration No. 124013000609-2).

For citation: Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S. Anomalies of cyclonic activity in the Black Sea – Mediterranean region and the Northern Hemisphere teleconnection patterns. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 109–136. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-109-136 EDN: QOFZQB

Введение

Резкие изменения погоды, а также режим климата в средних широтах в целом и в Черноморско-Средиземноморском регионе в частности определяются циклонической активностью [3; 12; 13; 37]. Наиболее мощные циклоны образуются над северными частями Атлантического и Тихого океанов и проявляются в региональном климате изучаемого региона [70].

При этом Черноморско-Средиземноморский регион характеризуется собственным активным местным циклогенезом с выраженной сезонностью механизмов [14; 37; 39; 67; 68; 70]. Зимой процесс циклогенеза зачастую происходит последовательно, образуя группы (кластеры) циклонов, под влиянием синоптических систем, движущихся из Северной Атлантики и взаимодействующих с местной орографией или бароклинностью в области средиземноморского зимнего фронта. Весной и особенно летом основную роль играет понижение давления над сушей, вызванное температурным фактором. Важное влияние оказывают и другие факторы, например распространение Азиатского муссона в восточную часть Средиземноморского региона. Для стран

Европы средиземноморские циклоны называют южными, а циклоны, выходящие из района Скандинавского полуострова, называют северными (ныряющими).

Естественная межгодовая-междесятилетняя изменчивость циклонической активности и связанные с ней колебания регионального климата Черноморско-Средиземноморского региона находятся под влиянием более масштабных климатических колебаний, происходящих над крупными частями океанов и континентов. Основной механизм этой изменчивости заключается в смещении траекторий циклонов над Атлантико-Европейским регионом в направлении северо-восток – юго-запад в разные фазы Североатлантического колебания (САК), которое является одним из наиболее значимых климатических сигналов межгодового масштаба [27; 66]. В настоящее время известно более десятка климатических колебаний, которые проявляются в циклонической активности (например, [16; 20]). Наряду с САК, по барическому полю тропосферы Северного полушария климатические колебания выделяют в Атлантико-Европейском регионе, над Евразией и северной частью Тихого океана [16]. САК, по-видимому, является частью Северополушарной кольцевой моды или Арктической осцилляции, характеризующей силу полярного вихря [64]. По температуре поверхности Мирового океана определяют межгодовой сигнал Эль-Ниньо (или Южное колебание в атмосфере), а также Тихоокеанское десятилетнее колебание и Атлантическое междесятилетнее колебание [20]. Кроме того, в Черноморско-Средиземноморском регионе действуют региональные климатические колебания давления [19; 40; 41]. Проявления этих климатических сигналов в циклонической активности исследованы в ряде работ отечественных и зарубежных ученых.

Необходимо обратить внимание, что две отечественные методики [2; 77] участвовали в международном проекте IMILAST [48], посвященном сравнению алгоритмов обнаружения и отслеживания внетропических циклонов. Одна из них, а именно методика М. Ю. Бардина, используется в данной работе.

Следует отметить значительные достижения отечественных ученых в исследовании разных аспектов циклонической активности как на глобальном, так и на региональном уровне [1; 2; 12; 58; 60; 65; 77].

Например, в работе [5] выделено три основных ветви штормтреков (зоны повышенной повторяемости зимних циклонов) над Северной Атлантикой: две относительно узкие в северной части и одна более расплывчатая в южной половине. Активизация южной ветви приводит к усилению циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе.

При этом формирование условий повышения циклонической активности в определенных районах во многом зависит от струйных течений, положение которых определяется фазой климатических колебаний [24; 38; 63]. Фронт волны струйного течения распространяется на запад в виде волны Россби, а энергия передается на восток.

Среди работ зарубежных ученых, посвященных исследованию циклонов, [23; 25; 26; 56; 59; 61; 62], в контексте данного исследования важно отдельно указать те, в которых рассматривается Черноморско-Средиземноморский регион [17; 21; 22; 29; 36; 68].

Однако, несмотря на внушительный объем работ по изучению циклонов, ранее не было проведено исследований закономерностей отклика циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе на смену фаз для такого широкого комплекса климатических сигналов Северного полушария.

Исследования в рамках данной работы начинались с изучения циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе в связи с Североатлантическим колебанием и Эль-Ниньо – Южным колебанием как основных климатических сигналов межгодового масштаба. Также рассматривались отклики Атлантической междесятилетней осцилляцией и Тихоокеанской десятилетней осцилляцией (ТДО) как основных сигналов более низкочастотного масштаба [72]. Проведенные исследования также показали, что в циклонах северной части Тихого океана прослеживается отклик на разные типы Эль-Ниньо и ТДО [6]. Это может говорить о том, что циклоны участвуют в механизмах атмосферных мостов передачи тихоокеанского сигнала в Северную Атлантику. Были получены схемы смещения траекторий циклонов в разные фазы рассматриваемых сигналов [7]. Было исследовано совместное влияние рассмотренных сигналов каждого масштаба на изменчивость циклонической активности [7].

В данной работе исследованы проявления всех основных климатических процессов Северного полушария (15 сигналов) в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона. На замену схемам смещения штормтреков рассчитаны средние траектории циклонов в разные фазы межгодовых-междесятилетних климатических сигналов. Основные полученные результаты были доложены на международной научно-исследовательской конференции GREG-2022 [44].

Целью работы является характеристика особенностей циклонической активности (аномалий частоты циклонов и отклонений средних траекторий) в Черноморско-Средиземноморском регионе как части Атлантико-Европейского региона при противоположных фазах основных климатических процессов Северного полушария. Для достижения поставленной цели выполнены две основные задачи: (1) проведена количественная оценка связи частоты циклонов с климатическими индексами; (2) для сезонов с наиболее сильной корреляционной связью получены сводные (композитные) карты циклонической активности при положительных и отрицательных фазах колебаний на основе их ранжированных индексов.

Материал и методы

Параметры циклонов определены на основе 6-часовых данных реанализа NCEP/NCAR [31] о приземном атмосферном давлении (SLP) за 1951–2017 гг. с помощью методов объективной идентификации и трекинга, один из которых разработан в Институте глобального климата и экологии [2], а другой в Институте природно-технических систем [9].

Частота циклонов определялась как количество 6-часовых интервалов за 15-летний период, когда центр циклона наблюдался в ячейке сетки ($2,5 \times 2,5^\circ$). Частота относится ко всем случаям локализации центров циклонов в ячейке сетки. Это означает, что один и тот же циклон добавлялся к частоте до тех пор, пока не покидал ячейку сетки.

Для анализа проявлений в параметрах циклонической активности использовались индексы следующих 6 групп климатических сигналов.

- 1) Региональные климатические колебания:
 - Средиземноморское колебание (СК) [19; 41];
 - Западно-Средиземноморское колебание (ЗСК) [43].
- 2) Колебания Северной Атлантики межгодового масштаба:
 - Североатлантическое колебание (САК) [16; 28];
 - Арктическое колебание (АК) [64; 74];
 - Восточноатлантическое колебание (ВАК) [16].
- 3) Колебания Евразии межгодового масштаба:
 - Колебание Восточная Атлантика / Западная Россия (ВА/ЗР) [16];
 - Скандинавское колебание (СКА) [16];
 - Полярное/Евразийское колебание (Пол/Евр) [16].
- 4) Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба:
 - Мода Западной части Тихого океана (ЗТО) [16; 74];
 - Колебание Восточная часть Тихого океана – Северная часть Тихого океана (ВТО-СТО) [16];
 - Тихоокеанское/Североамериканское колебание (ТО/СА) [16].
- 5) Колебания в тропической зоне межгодового масштаба:
 - Мода Тропики/Северное полушарие (ТСП) [16];
 - Эль-Ниньо–Южное колебание (ЭНЮК), индекс Южного колебания (ЮК) [20; 66].
- 6) Десятилетние–междесятилетние климатические колебания:
 - Атлантическое междесятилетнее колебание (АМО) [20; 32; 33];
 - Тихоокеанское десятилетнее колебание (ТДО) [20; 42].

Индексы региональных колебаний (СК и ЗСК) были рассчитаны с использованием реанализа NCEP/NCAR, остальные индексы получены из Центра прогнозирования климата NOAA [53].

Рассматриваемые климатические сигналы можно объединить в две группы ортогональных индексов:

- САК, ВАК, ВА/ЗР, СКА, Пол/Евр, ЗТО, ВТО-СТО, ТО/СА, ТСП;
- ЭНЮК, АМО, ТДО.

Линейная и синхронная связь индексов между этими группами невысока. В отдельные месяцы/сезоны она может достигать среднего уровня ($r \sim 0,4$). Индексы СК, ЗСК коррелируют в декабре и январе ($r=0,42-0,45$). Индексы САК и АК характеризуются сильной корреляционной связью с декабря по март ($r > 0,7$).

Для выполнения первой задачи был проведен линейный корреляционный анализ Пирсона между индексами климатических сигналов и частотой циклонов, усредненной для следующих регионов (рис. 1): Черноморский регион: 37° с.ш. – 50° с.ш., 27° в.д. – 45° в.д.; Западное Средиземноморье: 35° с.ш. – 47° с.ш., 6° з.д. – 16° в.д.; Восточное Средиземноморье: 29° с.ш. – 41° с.ш., 16° в.д. – 38° в.д.

Корреляции рассчитаны как для синхронных рядов, так и с запаздыванием частоты циклонов от 1 до 11 мес. В работе показаны только значимые (на уровне 90 %) коэффициенты корреляции, определенные с помощью t -критерия Стьюдента.

В рамках выполнения второй задачи для сезона, выбранного с использованием корреляционного анализа синхронных рядов, были получены композитные карты циклонической активности (средние траектории циклонов и частота циклонов) над Атлантико-Европейским регионом (20° с.ш. – 80° с.ш., 90° з.д. – 50° в.д.). Композитные карты получены как средние условия циклонической активности при положительных и отрицательных фазах климатических сигналов за 15 лет с самым высоким положительным и 15 лет с самым низким отрицательным индексом на основе ранжированных рядов индексов.

Средние траектории циклонов рассчитаны в каждом секторе $20 \times 20^\circ$ Атлантико-Европейского региона. Средние значения широт и долгот циклонов рассчитывались на каждом 6-часовом временном шаге. Среднее местоположение циклонов определялось каждые 0, 24, 48, 72 ч после их возникновения. Продолжительность траектории соответствует 3 дням.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

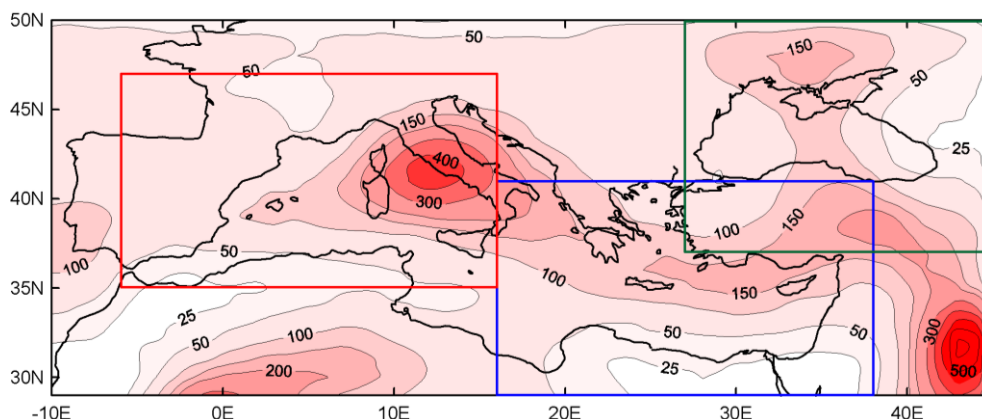


Рис. 1. Границы Черноморско-Средиземноморского региона, используемые для корреляционного анализа: Западное Средиземноморье (красный прямоугольник), Восточное Средиземноморье (синий прямоугольник), Черноморский регион (зеленый прямоугольник). Красной заливкой обозначено общее количество центров всех выявленных локальных минимумов циклонов за период 1951–2017 гг. по 6-часовым данным

Fig. 1. The boundaries of the Black Sea–Mediterranean region used for correlation analysis: Western Mediterranean (red rectangle), Eastern Mediterranean (blue rectangle), Black Sea region (green rectangle). The red shading indicates the total number of centers of all identified local cyclone minima for the period 1951–2017 according to 6-hourly data

Результаты

Региональные климатические колебания

Средиземноморское колебание (СК). Этому климатическому сигналу присущи противоположные аномалии давления, температуры и осадков между Западным и Восточным Средиземноморьем [19; 40; 41]. По сравнению с другими анализируемыми дальнедействующими осцилляциями Средиземноморское колебание характеризуется наиболее сильными синхронными линейными корреляциями с частотой циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе, особенно зимой и весной. Коэффициенты корреляции отрицательны для Западного Средиземноморья и положительны для Восточного Средиземноморья и Черноморского региона (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Средиземноморского колебания (СК) и Западного Средиземноморского колебания (ЗСК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal, and annual series of the indices of the Mediterranean Oscillation (СК), the Western Mediterranean Oscillation (ЗСК) and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	СК			ЗСК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь	-0,43	0,38	0,27			
Февраль	-0,53	0,22				
Март	-0,44					
Апрель	-0,31	0,26	0,24			
Май	-0,28		0,34			
Июнь	-0,36	-0,26				
Июль			-0,28		0,37	0,46
Август					0,28	0,29
Сентябрь		0,22				
Октябрь	-0,36			0,22		
Ноябрь	-0,48	0,43				
Декабрь	-0,59	0,55				0,3
Зима	-0,51	0,29				0,22
Весна	-0,43	0,34	0,34			0,25
Лето					0,22	0,27
Осень		0,31				
За год	-0,24	0,4	0,29			0,26

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

В Западном и Восточном Средиземноморье наибольшие отклики на Средиземноморское колебание в частоте циклонов приходятся на декабрь. Корреляции со сдвигом 1 месяц могут поменять свой знак: июнь – июль в Западном Средиземноморье, февраль – март в Восточном Средиземноморье. В частоте циклонов в Черноморском регионе с разными сдвигами проявляется майский индекс Средиземноморского колебания, а также апрельский, июльский, августовский. Это отражается в значимой корреляции со среднегодовой частотой циклонов. Именно в теплые месяцы над Черным морем активизируется местный циклогенез. Возможно, восточный центр действия Средиземноморского колебания оказывает влияние на этот процесс.

Композитная циклоническая активность над Атлантико-Европейским регионом весной для фаз СК и разность между ними (в положительную фазу минус в отрицательную фазу) характеризуются противоположными аномалиями над западной и восточной частями Средиземноморского бассейна (рис. 2).

В положительную фазу СК более южные траектории циклонов и меньшая частота циклонов наблюдаются над Западной и Центральной Европой и северо-западным побережьем Африки, тогда как более северные траектории циклонов и более высокая частота циклонов отмечаются только над северо-восточным побережьем Средиземного моря (рис. 2).

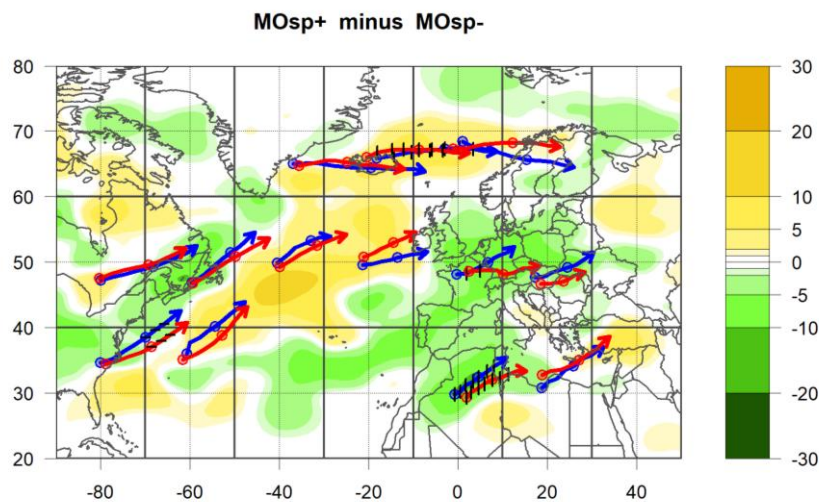


Рис. 2. Композитная циклоническая активность весной для фаз Средиземноморского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разность частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 2. Composite cyclonic activity in spring for the Mediterranean Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Западно-Средиземноморское колебание (ЗСК). Индекс ЗСК рассчитывается как разница давления между северной Италией (Падуя) и южной Испанией (Сан-Фернандо) [43]. Северо-восточный центр действия этого колебания находится под влиянием ГENUЭЗСКОГО центра циклогенеза и центральноевропейского антициклона, а юго-западный центр действия – Азорского антициклона и области циклогенеза в Кадисском заливе на юго-западе Пиренейского полуострова.

Значимые коэффициенты синхронной корреляции между индексом ЗСК и частотой циклонов обнаружены в основном для Черноморского региона (табл. 1). Асинхронные проявления Западного Средиземноморского колебания характеризуются значимыми положительными коэффициентами корреляции с частотой циклонов в Черноморском регионе с запаздыванием 1 месяц в апреле, августе, декабре, а также проявлениями ноябрьского индекса с разными сдвигами. Для Средиземноморского региона, особенно в теплые месяцы, есть много значимых положительных коэффициентов с разными сдвигами (2–11 мес.), которые сложно интерпретировать. Возможно, это связано с сезонностью механизмов циклогенеза, когда тот или иной центр активизируется в определенные месяцы, внося ощутимый вклад в среднегодовые величины.

Над Атлантико-Европейским регионом весной (рис. 3) циклоническая активность характеризуется увеличением в отрицательную фазу ЗСК в окрестности Азорских островов и над центральными частями Средиземного и Черного морей, а также увеличением в положительную фазу на северном и восточном побережьях этих морей. Средние траектории циклонов, как правило, становятся более активными в средних широтах в положительную фазу ЗСК, а также в приполярных и субтропических широтах в отрицательную фазу (рис. 3).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

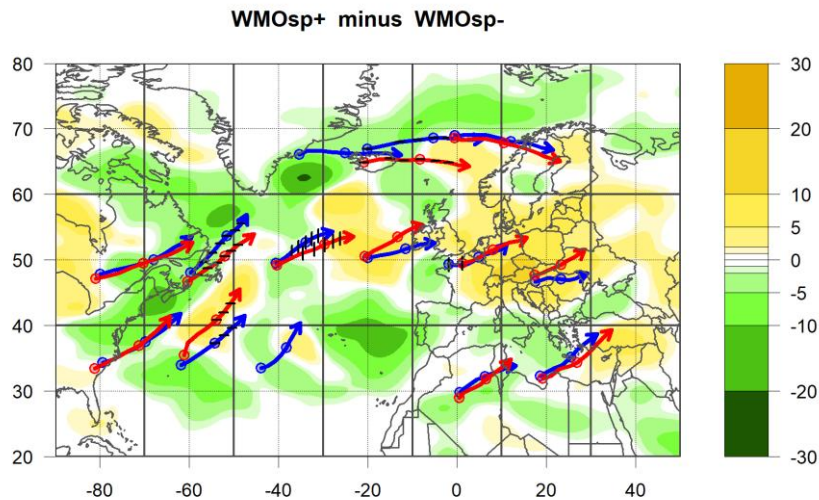


Рис. 3. Композитная циклоническая активность весной для фаз Западного Средиземноморского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 3. Composite cyclonic activity in spring for the Western Mediterranean Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Колебания Северной Атлантики межгодового масштаба

Центры действия Арктического колебания, Североатлантического колебания и Восточноатлантического колебания расположены в основном над океаном и могут рассматриваться как «меридиональные структуры», при которых аномалии атмосферного давления между центрами действия чередуются с севера на юг [4]. В этом случае происходит смещение широты западного переноса.

Североатлантическое колебание (САК). САК представляет собой диполь аномалий давления с севера на юг между Исландским минимумом и Азорским максимумом [16; 28]. Корреляция частоты циклонов с индексом САК отрицательная и наиболее сильная зимой для регионов Черноморского региона и Западного Средиземноморья (табл. 2).

Корреляция со сдвигами, как правило, слабее синхронной, но особенно важна для Черноморского региона с ноября по март. В обеих частях Средиземноморского региона корреляции с индексом САК со сдвигами зачастую меняют знак на положительный, а в Черноморском регионе в основном только для июньского индекса.

Поля композитной циклонической активности зимой над Атлантико-Европейским регионом (рис. 4) характеризуются типичной структурой САК. Частота циклонов выше, и траектории циклонов расположены ближе к району Гольфстрима и Исландскому минимуму в положительную фазу, в то время как в отрицательную фазу наблюдается более высокая частота циклонов и появление траекторий циклонов в субтропиках над восточной частью океана (рис. 4). Частота циклонов над Европой и Черноморско-Средиземноморским регионом выше в отрицательную фазу САК (рис. 4).

Арктическое колебание (АК). АК является ведущей модой давления в Северном полушарии, которая включает в себя как центры действия Североатлантического колебания, так и северной части Тихого океана [64; 73; 74]. Характер его проявлений в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона аналогичен САК (рис. 4) и даже в некоторые месяцы сильнее его как по корреляционным связям (табл. 2), которые значимы также для региона Восточного Средиземноморья, так и по пространственным аномалиям (рис. 5) с более высокими амплитудами, особенно над Средиземноморским регионом и Восточной Европой.

Хотя синхронные корреляции частоты циклонов с индексом Арктического колебания выше, чем с индексом Североатлантического колебания, асинхронные корреляции напротив, как правило, меньше с индексом Арктического колебания. Для Черноморского региона и Восточного Средиземноморья выделяются асинхронные отрицательные корреляции с августовским индексом АК.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 2

Table 2

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Арктического колебания (АК), Североатлантического колебания (САК) и Восточноатлантического колебания (ВАК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Arctic Oscillation (АК), North Atlantic Oscillation (САК), East Atlantic Oscillation (ВАК), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	АК			САК			ВАК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь	-0,33	-0,25	-0,54	-0,3		-0,5			-0,26
Февраль	-0,29		-0,44	-0,21		-0,5	-0,22	-0,32	-0,35
Март		-0,23	-0,37			-0,46		-0,23	
Апрель							-0,47	-0,37	-0,36
Май	-0,26				0,22		-0,57		
Июнь								-0,33	
Июль									
Август		-0,22	-0,29		-0,26	-0,31			
Сентябрь	-0,24		-0,31				-0,29		-0,22
Октябрь	-0,21						-0,3	-0,24	-0,37
Ноябрь	-0,24		-0,34			-0,39	-0,51		
Декабрь	-0,36		-0,26	-0,42		-0,21	-0,43		-0,36
Зима	-0,49	-0,21	-0,52	-0,42		-0,56	-0,24		-0,29
Весна	-0,33					-0,22	-0,41	-0,26	
Лето									
Осень	-0,24		-0,35			-0,26			-0,29
За год	-0,31		-0,37			-0,38	-0,28		-0,27

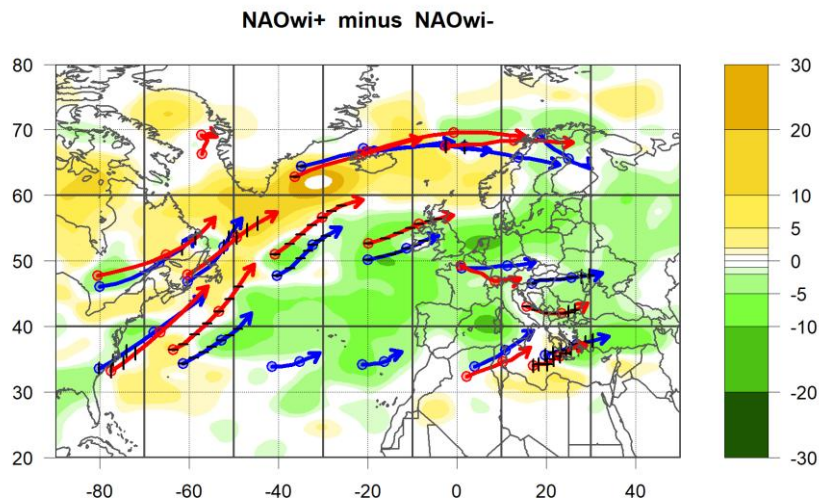


Рис. 4. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Североатлантического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 4. Composite cyclonic activity in winter for the North Atlantic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

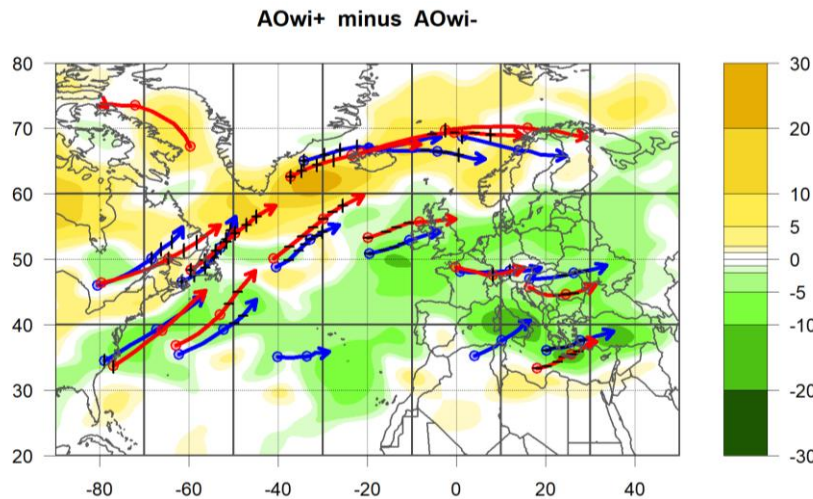


Рис. 5. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Арктического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 5. Composite cyclonic activity in winter for the Arctic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Восточноатлантическое колебание (ВАК). ВАК является второй основной модой давления после САК над Североатлантическим регионом [16]. Это колебание часто интерпретируется как смещенная на юго-восток мода САК, но с более сильными субтропическими связями через Азорский максимум. ВАК проявляется в увеличении частоты циклонов в отрицательную фазу зимой и весной (табл. 2, рис. 6), особенно весной (апрель) и над Западным Средиземноморьем. Дипольная картина аномалий частоты циклонов для фаз ВАК аналогична таковой для САК, но смещена на юго-восток, обеспечивая повышение частоты циклонов весной в положительную фазу вблизи западного побережья Европы и над северной Европой, а также в отрицательную фазу над Средиземноморским регионом и Северной Африкой (рис. 6).

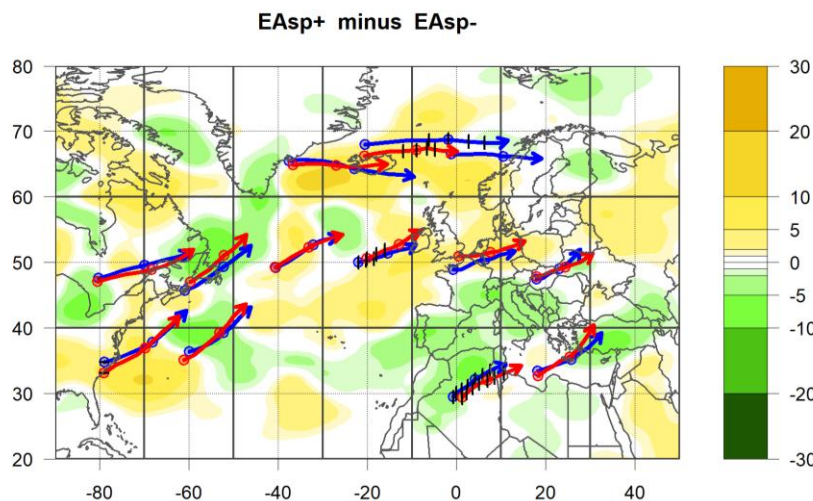


Рис. 6. Композитная циклоническая активность весной для фаз Восточноатлантического колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 6. Composite cyclonic activity in spring for the East Arctic Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Асинхронные корреляции важно учитывать для индекса ВАК декабря и октября в частоте циклонов Черноморского региона до конца весны.

Колебания Евразии межгодового масштаба

Центры действия колебаний Восточная Атлантика/Западная Россия, Скандинавского и Полярного/Евразийского расположены в основном над континентом и могут рассматриваться как «зональные структуры», при которых аномалии атмосферного давления между центрами действия чередуются с запада на восток [4], блокируя западный перенос [55].

Колебание Восточная Атлантика/Западная Россия (ВА/ЗР). Колебание ВА/ЗР (Евразийское колебание типа 2 согласно [16]) является одним из трех основных климатических колебаний, влияющих на Евразию в течение всего года. Корреляция между его индексом и частотой циклонов наиболее сильна и отрицательна зимой, особенно в декабре, над Западным Средиземноморьем и Черноморским регионом (табл. 3). Корреляции с запаздыванием частоты циклонов в основном положительны, но невелики. При этом временное отставание откликов может составлять 8–9 месяцев для весенних циклонов Черноморского региона и 2 месяца для циклонов Средиземноморского региона в феврале и марте.

Таблица 3

Table 3

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами колебания Восточная Атлантика/Западная Россия (ВА/ЗР), Скандинавского колебания (СКА) и Полярно-Евразийского колебания (Пол/Евр) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the East Atlantic/Western Russia pattern (ВА/ЗР), Scandinavia pattern (СКА), Polar/Eurasia pattern (Пол/Евр), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	ВА/ЗР			СКА			Пол/Евр		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь				0,46					
Февраль	-0,26			0,36	0,33		0,26		
Март				0,46	0,34		0,23		
Апрель									0,25
Май									
Июнь				0,29	0,43	0,22		0,21	0,24
Июль			-0,24		0,28	0,32			
Август		-0,3				0,21			0,28
Сентябрь				0,28				0,23	
Октябрь							-0,21		
Ноябрь	-0,21	0,25							
Декабрь	-0,36		-0,38					0,35	
Зима	-0,28		-0,22	0,45		0,28			
Весна				0,51	0,27	0,25		0,32	0,32
Лето									0,27
Осень									
За год				0,42		0,34		0,31	0,23

Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом зимой характеризуются центрами увеличения частоты в отрицательную фазу ВА/ЗР над Европой, особенно над центральными частями Средиземного и Черного морей, и в положительную фазу над приполярными широтами Северной Атлантики и к югу от Гренландии (рис. 7). В то же время наблюдается смещение средних траекторий циклонов на север в положительную фазу и на юг в отрицательную фазу над океаном в приполярных широтах и над Центральной Европой (рис. 7).

Скандинавское колебание (СКА). Скандинавское колебание (Евразийское колебание типа 1 согласно [16]) связано с блокирующими антициклоническими условиями над регионом Скандинавия – Западная Россия в его положительной фазе и противоположными условиями в его отрицательной фазе. Над Черноморско-Средиземноморским регионом СКА проявляется в положительной корреляции с частотой циклонов зимой и весной, особенно весной и над Западным Средиземноморьем (табл. 3).

Асинхронные проявления индекса Скандинавского колебания с запаздыванием частоты циклонов положительны, как и синхронные проявления. Их важно учитывать в Черноморском регионе в январе (запаздывание 1–2 месяца), в Западном Средиземноморье с ноября по май (запаздывание 6–7 месяцев), в Восточном Средиземноморье в апреле (запаздывание 2–3 месяца).

Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом весной характеризуются чередующимися аномалиями частоты циклонов преимущественно с запада на восток (рис. 8).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Например, в отрицательную фазу наблюдается увеличение частоты циклонов над центральной частью океана, уменьшение над его восточной частью и Западной Европой и увеличение над севером Скандинавского полуострова и Восточной Европой (рис. 8). В то же время (в отрицательную фазу) в субтропических широтах в центральной части океана и над Восточной Европой (к северу от Черного моря) обнаружены квазимеридиональные (с юга на север) средние траектории циклонов (рис. 8).

EAWRwi+ minus EAWRwi-

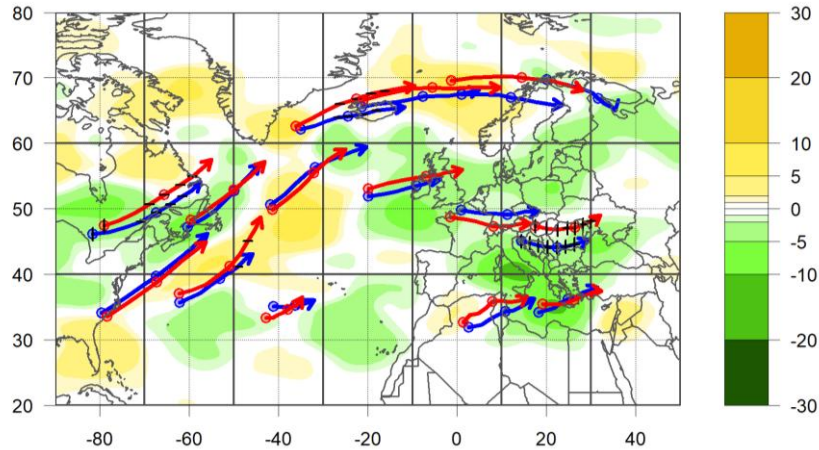


Рис. 7. Композитная циклоническая активность зимой для фаз колебания Восточная Атлантика/Западная Россия: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 7. Composite cyclonic activity in winter for the East Atlantic/Western Russia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference of the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

SCANDsp+ minus SCANDsp-

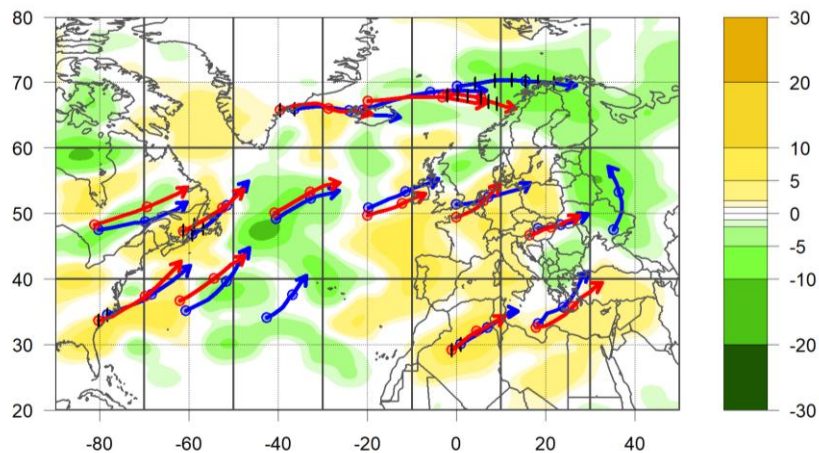


Рис. 8. Композитная циклоническая активность весной для фаз Скандинавского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 8. Composite cyclonic activity in spring for the Scandinavia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Полярно-Евразийское колебание (Пол/Евр). Колебание Пол/Евр (Североазиатское колебание согласно [16]) заключается в меняющихся противоположных аномалиях давления между полярным регионом, а также северным Китаем и Монголией. Колебание связано с усиленным или более слабым, чем в среднем, полярным вихрем.

Колебание Пол/Евр проявляется в положительной корреляции с частотой циклонов над Черноморским регионом и Восточным Средиземноморьем весной и летом (табл. 3). Циклоническая активность над Атлантико-Европейским регионом весной в положительную фазу характеризуется смещением средних траекторий циклонов над средними широтами в основном на север над океаном и на юг над Европой и соответствующим расположением центров повышения частоты циклонов (рис. 9).

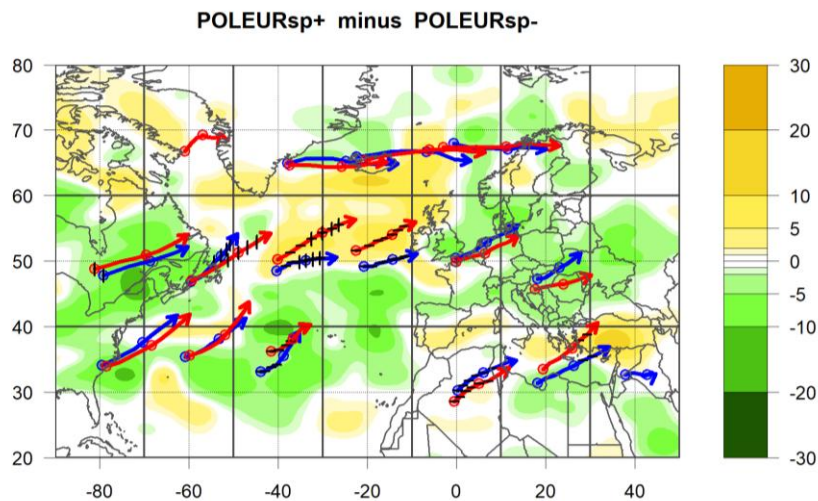


Рис. 9. Композитная циклоническая активность весной для фаз Полярно-Евразийского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 9. Composite cyclonic activity in spring for the Polar/Eurasia pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Проявления индекса Пол/Евр с запаздыванием частоты циклонов невелики, но сравнимы с синхронными проявлениями, а иногда превышают их и тоже положительны. Их важно учитывать в частоте циклонов в Черноморском регионе в апреле (запаздывание 4 мес.) и в сентябре (запаздывание 1 мес.), а в Восточном Средиземноморье – в марте и апреле (запаздывание 1–2 мес.).

В целом Полярно-Евразийское колебание лучше проявляется синхронно и с запаздыванием в частоте циклонов Черноморского региона и Восточного Средиземноморья, а Скандинавское колебание – в частоте циклонов Западного Средиземноморья.

Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба

Западно-Тихоокеанское колебание (ЗТО). ЗТО является основной модой низкочастотной изменчивости давления над северной частью Тихого океана, состоящей из диполя аномалий с севера на юг, над полуостровом Камчатка и юго-Восточной Азией, а также связанной с зональными и меридиональными колебаниями положения и интенсивности области начала тихоокеанского (или восточноазиатского) струйного течения [16; 74]. Корреляция между индексом ЗТО и частотой циклонов наблюдается зимой (отрицательная) и весной (положительная) над Средиземноморским регионом (табл. 4). Пространственные особенности циклонической активности над Атлантико-Европейским регионом зимой характеризуются смещением средних траекторий циклонов в положительную фазу преимущественно на юг над океаном и на север над континентальной частью и соответствующим расположением центров повышения частоты (рис. 10).

Проявления ЗТО в циклонической активности характеризуются значимыми корреляциями в основном с запаздыванием частоты 1–3 и 10–11 месяцев. Как правило, эти коэффициенты положительны для частоты циклонов в теплые месяцы и отрицательны для частоты циклонов в холодные месяцы. Наибольший коэффициент $r = +0,43$ наблюдается между майским индексом ЗТО и частотой циклонов Восточного Средиземноморья в марте.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Колебание Восток Тихого океана – Север Тихого океана (ВТО – СТО). Колебание ВТО – СТО характерно для периода весна – лето – осень и связано со сдвигом с севера на юг и усилением тихоокеанского струйного течения [16]. Корреляция между индексом ВТО-СТО и частотой циклонов наиболее сильна в ноябре: положительная для Западного Средиземноморья и отрицательная для Черноморского региона (табл. 4). В связи с этим на рис. 11 приведены поля композитной циклонической активности для осени.

Таблица 4

Table 4

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Западно-Тихоокеанского колебания (ЗТО), колебания Восток Тихого океана – Север Тихого океана (ВТО-СТО) и Тихоокеанско-Североамериканского колебания (ТО/СА) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)
Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the West Pacific pattern (ЗТО), East Pacific-North Pacific pattern (ВТО-СТО), Pacific/North American pattern (ТО/СА), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	ЗТО			ВТО-СТО			ТО/СА		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь		-0,4		0,25					
Февраль	-0,23					-0,23	-0,23		
Март					0,25			-0,25	
Апрель			0,22						
Май									-0,21
Июнь	-0,21	-0,21							0,21
Июль					-0,26				
Август									0,25
Сентябрь					-0,21				
Октябрь									
Ноябрь				0,3		-0,22			
Декабрь								-0,34	
Зима	-0,26	-0,37							
Весна		0,26						-0,27	
Лето									
Осень									
За год	-0,32						-0,28		

Для частоты циклонов Западного Средиземноморья с января по сентябрь выделяется в основном отрицательный отклик на индекс ВТО-СТО с запаздыванием 2–3 месяца, а для циклонов с декабря по май – в основном положительный отклик с запаздыванием 6–8 месяцев. В весенних циклонах Черноморского региона и Восточного Средиземноморья также выделяются положительные проявления индекса ВТО – СТО с запаздыванием 6–8 месяцев. В отдельные месяцы в частоте циклонов во всех регионах также наблюдаются отрицательные проявления с запаздыванием около 10 месяцев.

Средние траектории штормов над Атлантико-Европейским регионом в положительную фазу ВТО – СТО смещаются на юг в средних широтах, вызывая уменьшение частоты в области, расположенной к юго-западу от Ирландии, и увеличение в областях, простирающихся к юго-востоку от указанной области и охватывающих Западно Средиземноморье (рис. 11).

Тихоокеанское/Североамериканское колебание (ТО/СА). ТО/СА характеризуется меняющимися противоположными аномалиями давления в основном в Алеутском минимуме и Гавайском максимуме [16].

Синхронная отрицательная корреляция с индексом колебания ТО/СА обнаружена для частоты циклонов весной в регионе Восточного Средиземноморья (табл. 4). Средние траектории циклонов над Атлантико-Европейским регионом весной смещены в положительную фазу ТО/СА в основном на юг над океаном и на север над континентальной частью (рис. 12). Области наиболее сильных аномалий частоты (разница между положительной и отрицательной фазами) характеризуются повышением частоты в отрицательную фазу ТО/СА и расположены над южной Италией, южной Турцией, юго-востоком Исландии (рис. 12).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

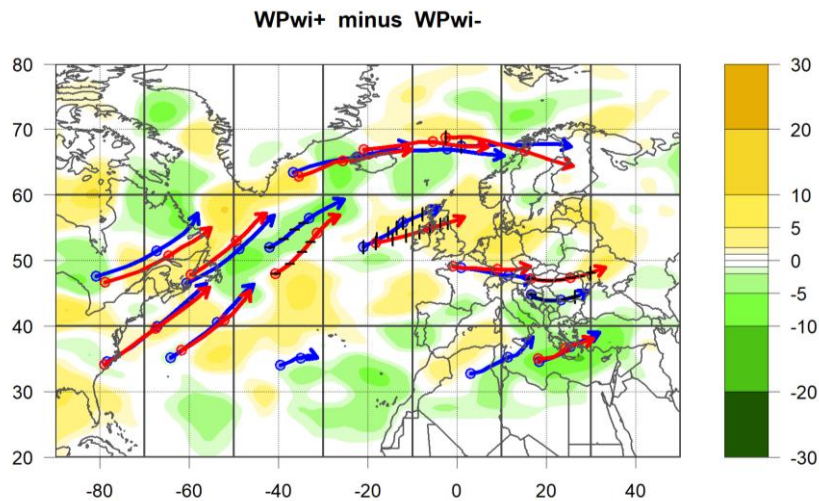


Рис. 10. Композитная циклоническая активность зимой для фаз Западно-Тихоокеанского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка).

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 10. Composite cyclonic activity in winter for the West Pacific pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

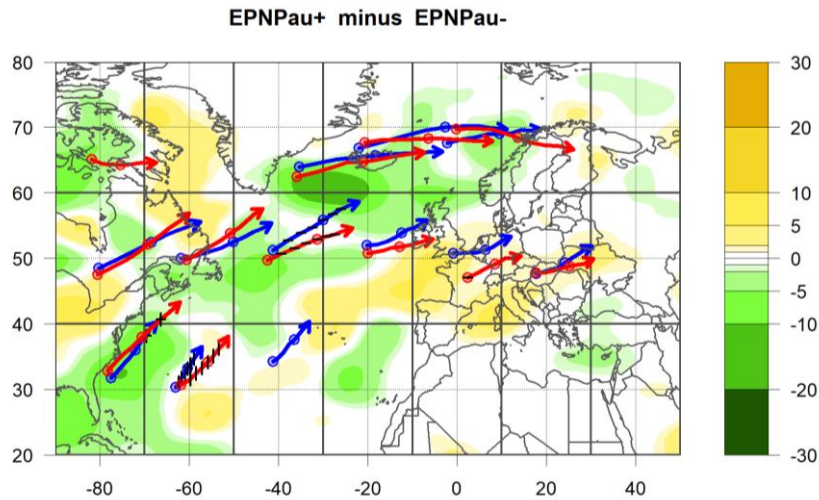


Рис. 11. Композитная циклоническая активность осенью для фаз колебания Восток Тихого океана – Север Тихого океана: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 11. Composite cyclonic activity in autumn for the East Pacific-North Pacific pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

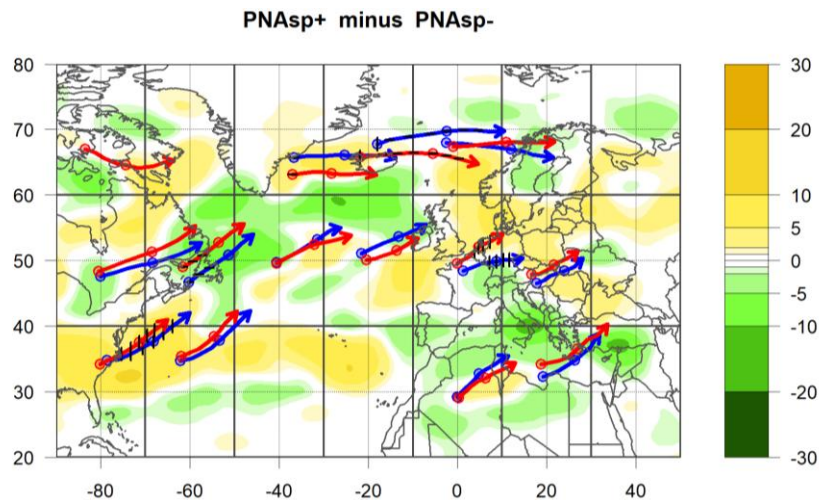


Рис. 12. Композитная циклоническая активность весной для фаз Тихоокеанско-Североамериканского колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 12. Composite cyclonic activity in spring for the Pacific/North American pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

В частоте циклонов Черноморского региона с февраля по ноябрь выделяется отклик на ТО/СА с отставанием около 9 месяцев. Для Западного Средиземноморья более важен отклик 3 месяца и около 5 месяцев. В частоте циклонов Восточного Средиземноморья в переходные сезоны также наблюдается запаздывание отклика на индекс ТО/СА около 9 месяцев.

Колебания в тропической зоне межгодового масштаба

Колебание Тропики/Северное полушарие (ТСП). Колебание ТСП является характерной зимней модой в декабре-феврале, которая отражает изменения положения и протяженности тихоокеанского струйного течения в восточном направлении [47].

Самая сильная синхронная корреляция (отрицательная) между частотой циклонов и индексом ТСП обнаружена в декабре для Черноморского региона и Восточного Средиземноморья (табл. 5). Наиболее сильные аномалии (для разницы фаз ТСП) сосредоточены в районе к юго-западу от Исландии и характеризуются увеличением частоты в отрицательную фазу ТСП (рис. 13). Над Европой частота циклонов в положительную фазу ТСП увеличивается в основном в приполярных и субтропических широтах и уменьшается в средних широтах. Средние траектории циклонов смещены к югу в отрицательной фазе в средних широтах над восточной частью океана и Западной Европой (рис. 13).

Индекс ТСП проявляется с запаздыванием 2 месяца в частоте циклонов с марта по май в Западном Средиземноморье, однако с разным знаком. При этом в обеих частях Средиземноморского региона и Черноморском регионе выделяется запаздывание отклика на 2 месяца, около 5 и 9 месяцев.

Эль-Ниньо – Южное колебание. Индекс Южного колебания (ЮК) отражает крупномасштабные колебания давления между западной и восточной частями тропической зоны Тихого океана во время эпизодов Эль-Ниньо и Ла-Нинья [66]. Другими словами, это показатель интенсивности или силы циркуляции Уокера, элементом которой являются пассаты [66]. Эта модель взаимодействия океана и атмосферы считается в глобальном масштабе самым сильным естественным колебанием аномалий температуры поверхности моря [20].

Синхронная положительная корреляция между частотой циклонов и индексом ЮК является наиболее сильной в Западном Средиземноморье весной, особенно в марте (табл. 5).

Корреляция со сдвигом по времени достигает:

- для Западного Средиземноморья +0,43 между октябрьским индексом (осенний тип Эль-Ниньо) и ноябрьскими циклонами (запаздывание отклика 1 месяц); +0,34 между январским индексом (зрелая фаза Эль-Ниньо) и апрельскими циклонами (запаздывание отклика 3 месяца);
- для Черноморского региона +0,31 между августовским индексом (летний тип Эль-Ниньо) и мартовскими циклонами (запаздывание отклика 7 месяцев);
- для Восточного Средиземноморья +0,26 между февральским индексом (зрелая фаза Эль-Ниньо) и апрельскими циклонами (запаздывание отклика 2 месяца).

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 5
Table 5

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами колебания Тропики/Северное полушарие (ТСП) и Южного колебания (ЮК) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Tropical/Northern Hemisphere pattern (ТСП), Southern Oscillation (ЮК), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

ТНН	ТСП				ЮК		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ		ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь				Январь	0,21		
Февраль		0,22		Февраль			
Декабрь		-0,36	-0,35	Март	0,37		
				Апрель	0,23		
				Май			
				Июнь			
				Июль			
				Август		-0,24	
				Сентябрь			
				Октябрь			
				Ноябрь			
				Декабрь			
				Зима			
				Весна	0,34		
				Лето			
				Осень			
				За год	0,26		

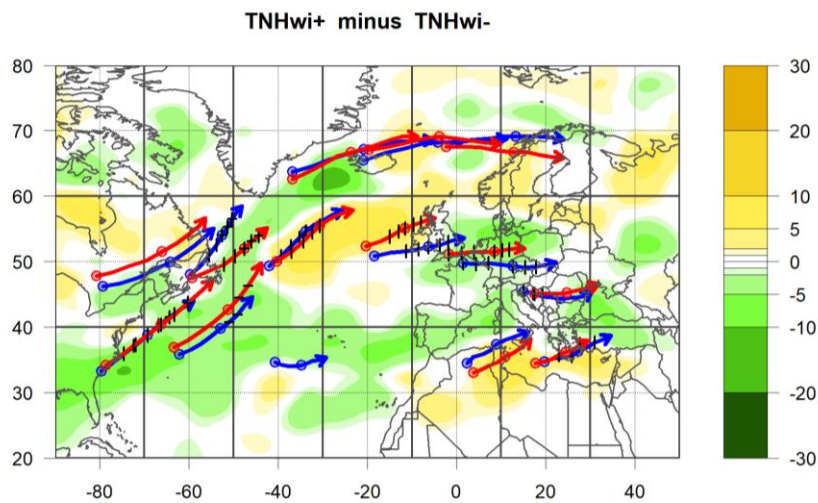


Рис. 13. Композитная циклоническая активность зимой для фаз колебания Тропики/Северное полушарие: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка). Вертикальными и горизонтальными штрихами обозначены значимые (на уровне 0,1) изменения, соответственно, широты и долготы траекторий

Fig. 13. Composite cyclonic activity in winter for the Tropical/Northern Hemisphere pattern: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading). The vertical and horizontal black strokes indicate significant (at the level of 0.1) changes in the latitude and longitude of the tracks, respectively

Синхронная пространственная циклоническая активность весной возрастает в положительную фазу ЮК вокруг побережья Средиземного моря, а в отрицательную фазу над Черным морем, Восточной и в основном Северной Европой (рис. 14). Значительное смещение средних траекторий циклонов ($2-5^\circ$ к югу в положительную фазу) наблюдается в средних широтах над восточной частью океана и Западной Европой (рис. 14). Квазимеридиональные траектории циклонов в центральной части океана и над Восточной Европой, обнаруживаемые в отрицательную фазу ЮК, напоминают траектории в отрицательную фазу СКА (рис. 8).

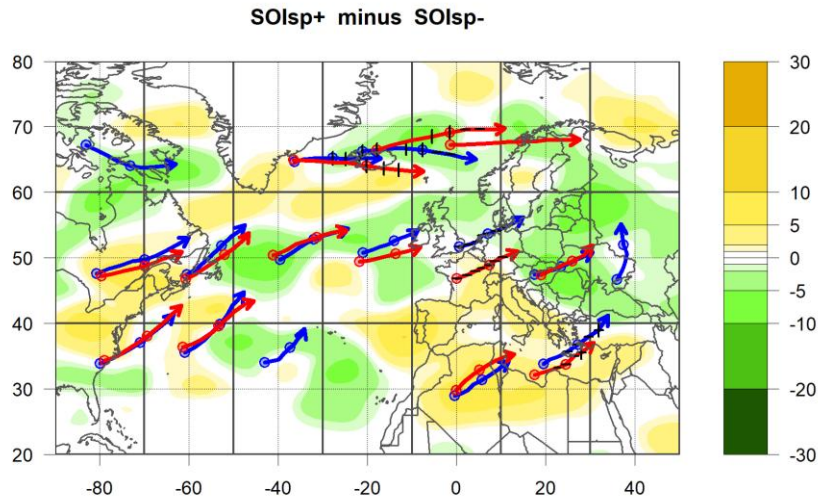


Рис. 14. Композитная циклоническая активность весной для фаз Южного колебания: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)
 Fig. 14. Composite cyclonic activity in spring for the Southern Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading).

Исходя из коэффициента детерминации (R^2), межгодовые колебания, связанные с ЭНЮК, определяют около 10 % дисперсии частоты циклонов Западного Средиземноморья весной за счет смещения траекторий циклонов по широте на $2-4^\circ$ (табл. 5, рис. 14). Такая оценка не учитывает асинхронные проявления и различные типы явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Наши работы [7; 46; 72] показывают, что корреляция между индексом ЮК и частотой циклонов увеличивается с учетом запаздывания от 2 до 7 месяцев и наблюдается в разные месяцы, соответствующие разным типам и зрелой фазе событий ЭНЮК. В связи с этим важно исследовать особенности региональных проявлений для каждого месяца, чтобы избежать сезонного сглаживания аномалий [45].

Десятилетние-междесятилетние колебания

Атлантическая междесятилетняя осцилляция (АМО) представляет собой моду естественной изменчивости в Северной части Атлантического океана с периодом 60–80 лет, определяемую по средним аномалиям температуры поверхности моря [20; 32; 33].

АМО проявляется синхронно в отрицательной корреляции (табл. 6) с циклонами над обоими частями Средиземноморского региона весной (апрель). Кроме Средиземного моря, увеличение частоты циклонов в отрицательную фазу наиболее сильно наблюдается в центрах, расположенных на юге Гренландии, юго-западе Исландии и над севером Британских островов (рис. 15). Над Европой и Северной Атлантикой частота циклонов увеличивается в основном в положительную фазу АМО (рис. 15). В целом над Атлантико-Европейским регионом в положительную фазу АМО средние траектории смещены к югу, особенно над приполярными широтами, в центральной северо-южной полосе океана и над Восточной Европой (рис. 15).

Корреляционный анализ частоты циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе по месяцам с несглаженным индексом АМО также был проведен отдельно для интервалов положительной/отрицательной фаз АМО и периодов увеличения/уменьшения индекса. Наиболее значимые коэффициенты корреляции (+0,3–0,58) получены для месяцев холодного полугодия для всех временных интервалов. Положительный знак корреляции подтверждает, что циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе, как правило, выше во время положительной фазы АМО, чем во время отрицательной фазы.

Индекс АМО с разным запаздыванием проявляется в частоте циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе в апреле, в обеих частях Средиземноморского региона в ноябре, в декабре в Западном Средиземноморье, в летние месяцы в Восточном Средиземноморье. Наибольшие корреляции приурочены к запаздыванию проявлений в частоте циклонов около 9 месяцев.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Таблица 6
Table 6

Коэффициенты линейной синхронной корреляции по месяцам, сезонам и за год между индексами Атлантической междесятилетней осцилляции (АМО) и Тихоокеанской десятилетней осцилляции (ТДО) с частотой циклонов в Западном Средиземноморье (ЗСМ), Восточном Средиземноморье (ВСМ) и Черноморском регионе (ЧМ)

Coefficients of linear synchronous correlation between monthly, seasonal and annual series of the indices of the Atlantic Multidecadal Oscillation (АМО), Pacific Decadal Oscillation (ТДО), and the frequency of cyclones in the Western Mediterranean (ЗСМ), Eastern Mediterranean (ВСМ), and Black Sea region (ЧМ)

	АМО			ТДО		
	ЗСМ	ВСМ	ЧМ	ЗСМ	ВСМ	ЧМ
Январь						
Февраль						
Март						
Апрель	-0,39	-0,26				
Май						-0,23
Июнь						
Июль						
Август		0,24				
Сентябрь						
Октябрь						
Ноябрь						
Декабрь						
Зима						
Весна	-0,23	-0,21				
Лето						
Осень						
За год		-0,25				

Тихоокеанская десятилетняя осцилляция (ТДО) при разложении глобального поля температуры поверхности океана на эмпирические ортогональные функции является третьей модой, АМО – четвертой, а ЭНЮК – второй после глобального повышения температуры [20]. Максимальные аномалии температуры поверхности океана для ТДО наблюдаются по на северо-востоке и в тропиках Тихого океана [20; 42]. Тропическое тихоокеанское десятилетнее колебание при этом может быть интерпретировано как низкочастотная мода ЭНЮК.

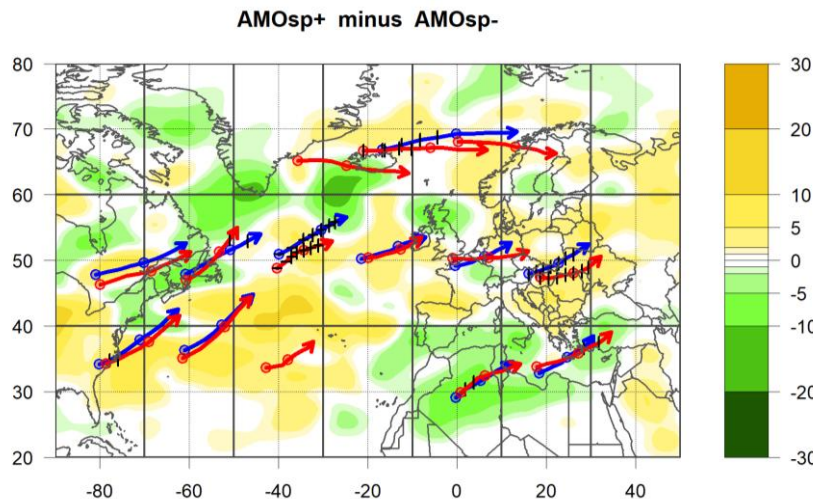


Рис. 15. Композитная циклоническая активность весной для фаз Атлантической междесятилетней осцилляции: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)

Fig. 15. Composite cyclonic activity in spring for the Atlantic Multidecadal Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

В данной работе значительная синхронная корреляция между частотой циклонов и индексом ТДО обнаружена только в Черноморском регионе в мае (табл. 6). Это может быть связано с тем, что десятилетний-междесятилетний сигнал рядов частоты циклонов замаскирован значительной амплитудой межгодовой изменчивости. При этом на композитных картах циклонической активности, построенных в годы больших по модулю значений индекса ТДО, выделяется прямая и значимая зависимость (рис. 16). Хотя, в отличие от мая, в весенний сезон частота циклонов над Черноморским регионом повышена в положительную фазу ТДО. Наибольшие аномалии частоты циклонов сосредоточены к юго-западу от Исландии, к северо-востоку от полуострова Флорида и характеризуются увеличением в положительную фазу ТДО. Значительные смещения траекторий циклонов с севера на юг наблюдаются в приполярных широтах Северной Атлантики и над Европой. В среднем траектории циклонов над Восточным Средиземноморьем наблюдаются только в отрицательную фазу ТДО и направлены на Анатолийский полуостров (рис. 16).

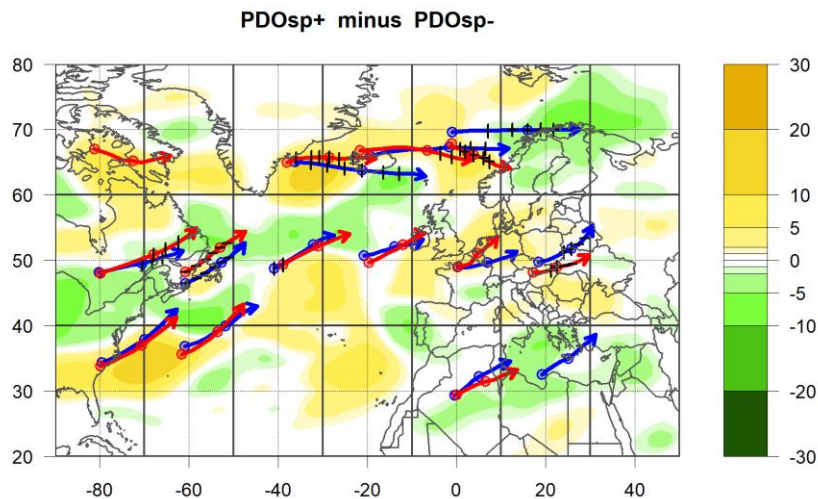


Рис. 16. Композитная циклоническая активность весной для фаз Тихоокеанской десятилетней осцилляции: средние траектории циклонов для положительной/отрицательной фаз (красные/синие стрелки) и разница частоты циклонов между положительной и отрицательной фазами (желтая и зеленая заливка)
 Fig. 16. Composite cyclonic activity in spring for the Pacific Decadal Oscillation phases: the average cyclone tracks for the positive/negative phases (red/blue arrows) and the difference in the frequency of cyclones between the positive and negative phases (yellow and green shading)

Асинхронные проявления индекса ТДО отмечаются в частоте циклонов Черноморско-Средиземноморского региона с запаздыванием около 5–6 месяцев в разные месяцы с октября по апрель, а в Черноморском регионе также с запаздыванием в 9 месяцев.

Обобщение и сравнение результатов

Региональные индексы СК и ЗСК характеризуют условия местного циклогенеза и представляют собой процессы проявления более масштабных центров действия Атлантико-Европейского региона и региональных мезомасштабных сезонных центров давления.

Средиземноморскому колебанию соответствует наибольшая часть сопряженных изменений региональной атмосферной циркуляции и осадков в течение всего года [40; 41]. Как показано в работе [19], СК сильнее всего зависит от индекса САК, определенного по станционным данным между Гибралтаром и Исландией [30], а также от индекса АК почти на том же уровне. При этом индекс САК, определенный по другим данным [28], вносит меньший вклад в индекс СК.

В Атлантико-Европейском регионе весной в фазы Средиземноморского колебания происходит чередование квазидиагональных полос циклонической активности (юго-запад – северо-восток). В положительную фазу СК циклоническая активность повышена на востоке и юго-востоке региона, а также вдоль полосы с осью Флорида – Исландия, Северное море. В отрицательную фазу СК частота циклонов увеличивается с двух сторон от этой полосы в смежных параллельных полосах, охватывающих С-В побережье Северной Америки, восточное побережье Северной Атлантики до Баренцева моря. Чередование аномалий циклонической активности для фаз СК весной совпадает с фазами САК и АК зимой на северной ветви атлантического штормтрека и вдоль восточного побережья Северной Атлантики.

Западное Средиземноморское колебание определяется с помощью диполя в районе Азорских островов и Северной Италии [43]. Положительная фаза ЗСК соответствует антициклону над Азорскими островами, охватывающему юго-запад Пиренейского полуострова, и низкому давлению в окрестности Генуэзского залива; а его отрицательная фаза совпадает с центральноевропейским антициклоном, расположенным к северу от Итальянского полуострова, и центром низкого давления в окрестности юго-запада Пиренейского полуострова.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Индекс ЗСК позволяет выявить изменчивость, связанную с циклогенезом в Западном Средиземноморье, что в основном определяет тип осадков на востоке Пиренейского полуострова. В этой области ЗСК значительно лучше, чем САК, объясняет ежемесячные пльвиометрические аномалии в осенне-зимний период и может являться полезным инструментом для прогноза событий ливневых осадков.

Как показано в работе [43], индекс ЗСК отрицательно коррелирует с индексом АК, но не с индексом САК. В зимний период индекс ЗСК модулируется индексом АК, особенно во второй половине XX в., на периодах 5 и 22 года, и, следовательно, связан с полярным вихрем. ЗСК модулируется (в противофазе) Скандинавским колебанием (на уровне 95 %) и колебанием Восточная Атлантика/Западная Россия (на уровне 90 %). При этом в зимний сезон ЗСК демонстрирует большую независимость от внешней динамики Средиземноморского бассейна, чем СК.

Полученные в данной работе результаты анализа композитной циклонической активности согласуются с полученными ранее результатами о барической структуре ЗСК и его связи с более масштабными климатическими сигналами.

В положительную фазу ЗСК циклоническая активность усиливается вдоль средней ветви штормтрека в Атлантико-Европейском регионе, а в отрицательную фазу – вдоль северной и южной ветвей, охватывая центральные части Средиземного и Черного морей. Структура поля циклонической активности для ЗСК соответствует в северной половине региона противоположной фазе АК, а в южной половине региона – одноименным фазам АК, ВА/ЗР и противоположной фазе СКА.

Таким образом, СК и ЗСК являются индикаторами региональных климатических условий и потенциальными предикторами при долгосрочном климатическом прогнозе для регионов в зоне выхода средиземноморских (южных) циклонов, таких как Черноморский регион, Малая Азия, Северная Европа.

Группа «меридиональных» климатических сигналов Северной Атлантики (САК, ВАК, АК) характеризуется чередованием центров действия атмосферы с севера на юг [4]. В зимне-весенний период в положительные фазы АК, САК, ВАК атлантические циклоны сконцентрированы вдоль северной ветви. При этом САК отличается максимальной плотностью центров циклонов в районе Исландского минимума, АК – немного меньшей плотностью, а при ВАК разброс траекторий достигает средних широт. В отрицательные фазы циклоны сконцентрированы вдоль средней и южной ветвей для АК и САК и в окрестности размытой южной ветви для ВАК. При этом для АК преобладает южная ветвь, приводя к более значительным проявлениям в Средиземноморском регионе.

Кольцевая мода Северного полушария характеризует интенсивность полярного вихря, волны Россби [64; 75]. САК лучше проявляется в Западной Европе и на западе Средиземного моря [69]. Учет ВАК особенно важен для циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона весной, когда происходит сезонное смещение центров действия Северной Атлантики [11].

Группа «зональных» климатических сигналов Атлантико-Европейского региона и Евразии (ВА/ЗР, СКА, Пол/Евр) характеризуется чередованием центров действия атмосферы с запада на восток [4]. Аномалии циклонической активности для фаз ВА/ЗР зимой и фаз СКА весной характеризуются схожей структурой поля, только с противоположным знаком. В положительную фазу ВА/ЗР и отрицательную фазу СКА повышенная циклоническая активность наблюдается по кольцу, огибая центры пониженной циклонической активности, над западными и северными частями Северной Атлантики, европейской территорией России, в разных районах Восточного Средиземноморья. Такая структура поля композитной циклонической активности соответствует показанному в работе [16] блокированию западного переноса в положительную фазу ВА/ЗР над Западной Европой, а в положительную фазу СКА в окрестности Скандинавского полуострова, и противоположным условиям в отрицательные фазы. Отличия проявлений ВА/ЗР и СКА, кроме знака аномалий, состоят в региональной структуре поля в восточной части Черноморско-Средиземноморского региона, а также в величине максимальных аномалий. Так, в отрицательную фазу ВА/ЗР наибольшая частота циклонов наблюдается в центральных частях Средиземного моря, а в отрицательную фазу СКА – над западной частью средних широт Северной Атлантики и немного меньше над Восточной Европой.

Пол/Евр проявляется в Атлантико-Европейском регионе в повышении циклонической активности весной в отрицательную фазу по кольцу, огибающему с юга пониженную циклоническую активность в районе Исландского минимума, от восточных берегов Северной Америки, через субтропические широты Северной Атлантики, охватывая страны Центральной, Восточной и Северной Европы, при этом в центральных частях Средиземного моря циклоническая активность понижена. Такая структура поля соответствует волне Россби и ослабленному полярному вихрю в отрицательную фазу Пол/Евр (Eurasia-2 в [16]).

Колебания Северной части Тихого океана межгодового масштаба (ЗТО, ВТО/СТО и ТО/СА) характеризуют изменение положения и силы восточноазиатского (тихоокеанского) струйного течения на западе (ЗТО), востоке (ТО/СА) и в средней части (ВТО/СТО) океана.

В Атлантико-Европейском регионе зимой ЗТО сопровождается в положительную фазу смещением преобладающих траекторий циклонов и зон повышенной циклонической активности с северных и южных широт к центральной части Северной Атлантики, согласуясь с полем высоты геопотенциала 500 гПа [49],

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

а в Европейском регионе – в основном к северу Западной и Центральной Европы. Соответственно, циклоническая активность над Восточным Средиземноморьем повышается зимой в отрицательную фазу ЗТО.

ВТО/СТО проявляется осенью в отрицательной фазе в наибольших аномалиях циклонической активности, по сравнению с ЗСК зимой и ТО/СА весной, в окрестности Исландского минимума, охватывая полосу от района Гольфстрима до Норвежского моря. Соответственно, циклоническая активность над западом Европы и Средиземноморского региона возрастает в положительную фазу этого колебания. Такая структура поля циклонической активности соответствует полю высоты геопотенциала 500 гПа [50].

ТО/СА проявляется весной в отрицательной фазе в наибольших аномалиях циклонической активности в Средиземноморском регионе по сравнению с двумя другими колебаниями Северной части Тихого океана. Структура поля циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе, согласуясь с полем высоты геопотенциала 500 гПа [51], характеризуется двумя диполями на западе и меньшим на востоке Северной Атлантики. Для Средиземноморского региона большое влияние оказывает чередование аномалий геопотенциала над северо-западом Африки.

Еще одним колебанием, которое отражает крупномасштабные изменения как в местоположении, так и в протяженности тихоокеанского струйного течения в восточном направлении, является ТСП. Оно представляет собой зимнее климатическое колебание, которое имеет ярко выраженные сезонные центры действия на западном побережье Северной Атлантики: Североамериканский антициклон и минимум Гудзонова залива [52]. На восточном побережье Северной Атлантики ТСП характеризуется менее выраженным обратным диполем геопотенциальной высоты 500 гПа над Центральной Европой и Северо-западом Африки [52]. В Атлантико-Европейском регионе к большей величине аномалий циклонической активности зимой приводит отрицательная фаза ТСП, а именно в районе Гольфстрима и Исландского минимума. При этом на востоке Атлантики активизируется южное направление траекторий циклонов, а среднеширотное направление смещается на юго-восток на Европу в соответствии с полем геопотенциальной высоты для отрицательной фазы ТСП [52].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что климатические сигналы, отражающие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения от востока Азии до западного побережья Северной Атлантики, такие как ЗТО, ВТО/СТО, ТО/СА, ТСП, могут значимо проявляться в циклонической активности Атлантико-Европейского региона благодаря передаче энергии на восток по волне Россби к струйным течениям региона [75].

Следующая группа сигналов определена по температуре поверхности океана [20]. Основной сигнал после глобального повышения температуры – ЭНЮК, которое характеризуется преобладающим межгодовым масштабом изменчивости. Затем выделяется Тихоокеанское десятилетнее колебание, а после него Атлантическое междесятилетнее колебание.

В данной работе проанализированы отклики на индекс Южного колебания в качестве атмосферного индекса ЭНЮК. Положительные аномалии ЮК характеризуют явление Ла-Нинья, а отрицательные – Эль-Ниньо. Циклоническая активность весной повышается на побережье Средиземноморского региона, понижается в Черноморском регионе и в Восточной Европе в положительную фазу ЮК, а в отрицательную фазу характеризуется обратными условиями. Такие изменения сопровождаются более зональными преобладающими траекториями циклонов в положительную фазу ЮК и более меридиональными в отрицательную фазу. Структура поля аномалий циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе может говорить о меандрировании верхнетропосферных струйных течений в отрицательную фазу ЮК.

На отдельных участках можно заметить общие особенности структуры поля циклонической активности для ЮК с ТСП, СКА, САК/АО и др. Это подтверждает, что ЭНЮК проявляется в климате Атлантико-Европейского региона косвенно через влияние на местные центры действия и климатические сигналы [34]. Учет восточных/центральных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья [8; 10; 18; 71; 76], а также запаздывания отклика от 1 до 9 мес. [66] может повысить аномалии региональных проявлений ЭНЮК. Однако даже примененный в данной работе прямой подход позволяет выделить масштабные согласованные аномалии циклонической активности в разные фазы ЭНЮК.

Положительная фаза АМО характеризуется теплой Северной Атлантикой в средних и южных широтах [35]. Над этими районами весной наблюдается повышение циклонической активности, достигающее Европейского региона. В отрицательную фазу АМО в условиях холодных аномалий над большей частью акватории Северной Атлантики циклоническая активность повышена в районе Исландского минимума, Лабрадорского моря, а также в Средиземноморском регионе. Такой результат согласуется с работами [54; 57].

Теплая аномалия температуры поверхности океана в центральных и западных районах Северной части Тихого океана в обрамлении холодной аномалии к северу и востоку наблюдается при отрицательной фазе ТДО [42]. Зоны повышенной циклонической активности в Атлантико-Европейском регионе весной смещаются при смене фаз ТДО, что особенно заметно в районе Гольфстрима, Исландии, над Европейским регионом. Похоже, что это обусловлено смещением струйных течений в тропосфере [63], а также изменением положения и интенсивности центров действия атмосферы Северной Атлантики [15]. В отрицательную фазу ТДО циклоническая активность сконцентрирована на севере Скандинавского полуострова и в разных районах над Средиземноморским регионом, а в положительную фазу – в разных областях над Европой.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Полученные результаты для межгодового сигнала ЭНЮК и десятилетних-междесятилетних климатических колебаний АМО и ТДО, выделяемых по температуре поверхности океана, свидетельствуют о том, что они могут задавать характеристики колебаний (модуляция) межгодовых климатических сигналов Атлантико-Европейского региона, воздействуя на центры действия атмосферы (например, Исландский минимум, Азорский максимум) и энергоактивные зоны (например, Гольфстрим, районы формирования глубинных вод) Северной Атлантики.

Заключение

В работе проведен комплексный анализ циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе на фоне Атлантико-Европейского региона под влиянием 15 климатических процессов Северного полушария, который выявил и подтвердил следующие особенности.

Региональные индексы Средиземноморского и Западно-Средиземноморского колебания отражают процессы региональной трансформации проявлений более масштабных центров действия Атлантико-Европейского региона и являются потенциальными предикторами в зоне выхода южных (средиземноморских) циклонов. В отрицательные фазы СК и ЗСК циклоническая активность возрастает на западе и в центральной части Черноморско-Средиземноморского региона соответственно.

В зимне-весенний период в положительные фазы Арктического, Североатлантического и Восточноатлантического колебаний циклоны преобладают с разной, уменьшающейся степенью плотности вдоль северной ветви траекторий Северной Атлантики. В отрицательные фазы колебаний траектории циклонов проходят южнее, приводя к активизации циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе, что особенно выражено для Арктического колебания.

Среди блокирующих колебаний наибольшими откликами в Черноморско-Средиземноморском регионе характеризуется мода Восточная Атлантика/Западная Россия. Она сопровождается повышением циклонической активности зимой в отрицательную фазу в условиях разблокирования западного переноса в Атлантико-Европейском регионе. Положительные фазы Скандинавского и Полярно-Евразийского колебаний сопровождаются повышением частоты циклонов на западе и востоке Средиземного моря при блокировочных условиях в разных частях Европы.

Климатические сигналы, отражающие положение и интенсивность тихоокеанского струйного течения от востока Азии до западного побережья Северной Атлантики, значимо проявляются в циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона, по-видимому, благодаря передаче энергии на восток по волне Россби к струйным течениям региона. При этом циклоническая активность в разных частях Черноморско-Средиземноморского региона повышается при отрицательных фазах колебания Тропики-Северное полушарие и Западно-Тихоокеанского колебания зимой, Тихоокеанско-Североамериканского колебания весной и Восточнотихоокеанского-Северотихоокеанского колебания осенью.

Удаленное влияние группы сигналов, определяемых по температуре поверхности океана, т.е. межгодового сигнала ЭНЮК и десятилетних-междесятилетних климатических колебаний АМО и ТДО, может модулировать межгодовые климатические сигналы Атлантико-Европейского региона в весенний период, воздействуя на центры действия атмосферы и энергоактивные зоны Северной Атлантики. При этом циклоническая активность в отдельных частях Черноморско-Средиземноморского региона повышается весной при отрицательных фазах АМО, ТДО и при положительной фазе Южного колебания, т.е. при явлении Ла-Нинья.

В целом в работе выявлены закономерности проявлений межгодовых-междесятилетних сигналов в системе океан – атмосфера в аномалиях циклонической активности Черноморско-Средиземноморского региона с учетом схем смещения преобладающих траекторий над Атлантико-Европейским регионом, соответствующих разным фазам этих сигналов. Проведенное исследование является важным этапом на пути к характеристике физических механизмов формирования регионального климата изучаемого региона.

Библиографический список

1. Акперов М. Г., Мохов И. И. Оценки чувствительности циклонической активности в тропосфере внетропических широт к изменению температурного режима // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. № 2(49). С. 129–129. DOI: 10.7868/s000235151302003x EDN: PXLFDH
2. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. Т. 11. С. 24–37.
3. Бардин М. Ю., Платова Т. В. Волны холода в Европейской части России: структура, циркуляционные условия и изменения сезонных статистик // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. № 3(8). С. 5–30. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-3-5-30 EDN: WNMJRV
4. Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Особенности изменчивости циклонической активности в умеренных широтах Северного полушария, связанные с ведущими модами атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейском секторе // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. Т. 2. С. 14–40. EDN: VENUJX
5. Бардин М. Ю., Платова Т. В., Самохина О. Ф. Долгопериодные изменения повторяемости циклонов в умеренных широтах Северного полушария // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. № 2(7). С. 57–80. DOI: 10.21513/2410-8758-2021-2-57-80 EDN: MMOZMG
6. Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н. Климатическая характеристика циклонической активности в Северотихоокеанском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2010. № 13. С. 180–184.

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

7. Воскресенская Е. Н., Маслова В. Н. Циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе: проявления глобальных процессов в системе океан-атмосфера. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 168 p.
8. Гущина Д. Ю., Девитт Б. Явление Эль-Ниньо и его влияние на процессы в атмосфере и океане // Труды Государственного океанографического института. 2016. № 217. С. 184–208. EDN: XEBAOR
9. Журавский В. Ю., Воскресенская Е. Н. Технология выделения циклонов из массивов реанализа глобальных метеорологических полей // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 11. С. 74–78. EDN: YWXQWD
10. Михайлова Н. В., Воскресенская Е. Н. Атлантико-Европейские проявления событий Эль-Ниньо разных типов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2010. № 23. С. 34–39. EDN: WLBMFX
11. Нестеров Е.С. О восточно-атлантическом колебании циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. 2009. № 12. С. 32–40. EDN: KZBCLF
12. Нестеров Е.С. Экстремальные циклоны над морями европейской части России // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 1. С. 97–115. EDN: USGMMZ
13. Переведенцев Ю. П., Наумов Э. П., Шанталинский К. М. Современные глобальные и региональные изменения климата // Географический вестник, 2006. № 2. С. 84–96. EDN: NCSGMX
14. Alpert P., Neeman B. U., Shay-El Y. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data // Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography. 1990. No. 1(42). P. 65.
15. Bardin M. Yu., Voskresenskaya E. N. Pacific decadal oscillation and European climatic anomalies // Physical Oceanography. 2007. No. 4(17). P. 200–208. DOI: 10.1007/s11110-007-0016-6 EDN: LKMHL D
16. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns // Monthly Weather Review. 1987. No. 6(115). P. 1083–1126. DOI: 10.1175/1520-0493(1987)115
17. Campins J., Genovés A., Picornell M. A., Jansà Clar A. Climatology of Mediterranean cyclones using the ERA-40 dataset // International Journal of Climatology. 2011. No. 11(31). P. 1596–1614. DOI: 10.1002/joc.2183 EDN: PMZIYF
18. Ding S., Chen W., Feng J., Graf H. F. Combined impacts of PDO and two types of La Niña on climate anomalies in Europe // Journal of Climate. 2017. No. 9(30). P. 3253–3278. DOI: 10.1175/JCLI-D-16-0376.1
19. Dinkeloh A., Jacobeit J. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98 // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. 2003. No. 15(23). P. 1843–1866. DOI: 10.1002/joc.973
20. Enfield D. B., Mestas-Nuñez A. M. Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns // Journal of Climate. 1999. No. 9(12). P. 2719–2733. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012
21. Flaounas E., Davolio S., Raveh-Rubin S., Pantillon F., Miglietta M.M., Gaertner M.A., Hatzaki M., Homar V., Khodayar S., Korres G., Kotroni V., Kushta J., Reale M., Ricard D. Mediterranean cyclones: current knowledge and open questions on dynamics, prediction, climatology and impacts // Weather and Climate Dynamics. 2022. No. 1(3). P. 173–208. DOI: 10.5194/wcd-3-173-2022 EDN: IKFBTO
22. Guijarro J. A., Jansà A., Campins J. Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean // Advances in Geosciences. 2006. Vol. 7. P. 45–49. DOI: 10.5194/adgeo-7-45-2006
23. Harvey B. J., Shaffrey L. C., Woollings T. J., Zappa G., Hodges K. I. How large are projected 21st century storm track changes? // Geophysical Research Letters. 2012. No. 18(39). P. 2012GL052873. DOI: 10.1029/2012GL052873
24. Harvey B. J., Cook P., Shaffrey L. C., Schiemann R. The response of the Northern Hemisphere storm tracks and jet streams to climate change in the CMIP3, CMIP5, and CMIP6 climate models // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2020. No. 23(125). P. e2020JD032701. DOI: 10.1029/2020JD032701 EDN: IWETOD
25. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twentyfirst century: the Eastern Mediterranean as an example // Climate Dynamics. 2020. No. 1–2(54). P. 561–574. DOI: 10.1007/s00382-019-05017-3
26. Hoskins B. J., Hodges K. I. New perspectives on the Northern Hemisphere winter storm tracks // Journal of Atmospheric Sciences. 2002. No. 6 (59). P. 1041–1061. DOI: 10.1175/1520-0469(2002)059
27. Hurrell J. W. Transient eddy forcing of the rotational flow during northern winter // Journal of Atmospheric Sciences. 1995. No. 12(52). P. 2286–2301. DOI: 10.1175/1520-0469(1995)052
28. Hurrell J. W., Deser C. North Atlantic climate variability: the role of the North Atlantic Oscillation // Journal of Marine Systems. 2010. No. 3–4(79). P. 231–244. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2009.11.002
29. Jansa A., Alpert P., Arbogast P., Buzzi A., Ivancan-Picek B., Kotroni V., Llasat M. C., Ramis C., Richard E., Romero R., Speranza A. MEDEX: a general overview // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2014. No. 8(14). P. 1965–1984. DOI: 10.5194/nhess-14-1965-2014
30. Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D. Extension to the North Atlantic oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland // International Journal of Climatology. 1997. No. 13(17). P. 1433–1450. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(199711)17
31. Kistler R., Kalnay E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne R., Fiorino M. The NCEP–NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation // Bulletin of the American Meteorological Society. 2001. No. 82(2). P. 247–268. URL: <http://www.jstor.org/stable/26215517> (дата обращения 11.05.25).
32. Kerr R. A. North Atlantic climate pacemaker for the centuries // Science. 2000. No. 5473(288). P. 1984–1985. DOI: 10.1126/science.288.5473.1984 EDN: DGT MIL
33. Kerr R. A. Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence // Science. 2005. No. 5731(309). P. 41–43. DOI: 10.1126/science.309.5731.41
34. King M. P., Keenlyside N., Li C. ENSO teleconnections in terms of non-NAO and NAO atmospheric variability // Climate Dynamics. 2023. No. 5–6(61). P. 2717–2733. DOI: 10.1007/s00382-023-06697-8 EDN: OMNESM
35. Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A. Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation // Geophysical Research Letters. 2006. No. 17(33). P. L17706. DOI: 10.1029/2006GL026242
36. Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P. M., Krichak S. O., Jansà A., Maheras P., Sanna A., Trigo I. F., Trigo R. Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment. 2006. P. 325–372. DOI: 10.1016/S1571-9197(06)80009-1

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

37. Seager R., Osborn T. J., Kushnir Y., Simpson I. R., Nakamura J., Liu H. Climate variability and change of Mediterranean-type climates // *Journal of Climate*. 2019. No. 32(10). P. 2887–2915. DOI: 10.1175/JCLI-D-18-0472.1
38. Lv Y., Guo J., Li J., Han Y., Xu H., Guo X., Cao L., Gao W. Increased turbulence in the Eurasian upper-level jet stream in winter: Past and future // *Earth and Space Science*. 2021. No. 2(8). P. e2020EA001556. DOI: 10.1029/2020EA001556 EDN: ESCPNX
39. Maheras P., Flocas H. A., Patrikas I., Anagnostopoulou C. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution // *International Journal of Climatology*. 2001. No. 1(21). P. 109–130. DOI: 10.1002/joc.599
40. Maheras P., Kutiel H. Spatial and temporal variations in the temperature regime in the Mediterranean and their relationship with circulation during the last century // *International Journal of Climatology*. 1999. No. 7(19). P. 745–764. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0088(19990615)19
41. Maheras P., Xoplaki E., Kutiel H. Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990 // *Theoretical and Applied Climatology*. 1999. Vol. 64. P. 189–199. DOI: 10.1007/s007040050122 EDN: CSLWXT
42. Mantua N. J., Hare S. R. The Pacific decadal oscillation // *Journal of Oceanography*. 2002. Vol. 58. P. 35–44. DOI: 10.1023/A EDN: LVGGUP
43. Martin-Vide J., Lopez-Bustins J. The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2006. No. 11(26). P. 1455–1475. DOI: 10.1002/joc.1388
44. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S., Zhuravskii V. Y. Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region. Kazan: Kazan University, 2022. 32 p.
45. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N. Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region // *Географический вестник = Geographical bulletin*. 2024. No. 3. P. 95–112. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112 EDN: DEHRVX
46. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Bardin M. Yu. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region // *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2010. No. 4(11). P. 1366–1372. EDN: PFUTRN
47. Mo K. C., Livezey R. E. Tropical-extratropical geopotential height teleconnections during the Northern Hemisphere winter // *Monthly Weather Review*. 1986. No. 12(114). P. 2488–2515. DOI: 10.1175/1520-0493(1986)114
48. Neu U., Akperov M. G., Bellenbaum N., Benestad R., Blender R., Caballero R., Coccozza A., Dacre H. F., Feng Y., Fraedrich K., Grieger J., Gulev S., Hanley J., Hewson T., Inatsu M., Keay K., Kew S. F., Kindem I., Leckebusch G. C., Liberato M. L. R., Lionello P., Mokhov I. I., Pinto J. G., Raible C. C., Reale M., Rudeva I., Schuster M., Simmonds I., Sinclair M., Sprenger M., Tilinina N. D., Trigo I. F., Ulbrich S., Ulbrich U., Wang X. L., Wernli H. IMILAST: a community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2013. No. 4(94). P. 529–547. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00154.1 EDN: RFXGP
49. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – West Pacific Pattern (WP) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/wp_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
50. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – East Pacific - North Pacific Pattern (EP-NP) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ep_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
51. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Pacific North American Pattern (PNA) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/pna_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
52. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Tropical Northern Hemisphere Pattern (TNH) : website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/tnh_map.shtml (дата обращения: 11.07.2025)
53. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center – Northern Hemisphere Teleconnection Patterns : website. URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml> (дата обращения: 11.07.2025)
54. Peings Y., Magnusdottir G. Forcing of the wintertime atmospheric circulation by the multidecadal fluctuations of the North Atlantic ocean // *Environmental Research Letters*. 2014. No. 3(9). P. 034018. DOI: 10.1088/1748-9326/9/3/034018 EDN: SOTHNX
55. Pelly J. L., Hoskins B. J. A new perspective on blocking // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2003. No. 5(60) P. 743–755. DOI: 10.1175/1520-0469(2003)060 EDN: GMPSJT
56. Pinto J. G., Ulbrich U., Leckebusch G. C., Spanghel T., Reyers M., Zacharias S. Changes in storm track and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM // *Climate Dynamics*. 2007. No. 2–3(29). P. 195–210. DOI: 10.1007/s00382-007-0230-4 EDN: JTTGBS
57. Polonskii A. B. Atlantic multidecadal oscillation and its manifestations in the Atlantic-European region // *Physical Oceanography*. 2008. No. 4(18). P. 227–236. DOI: 10.1007/s11110-008-9020-8 EDN: XMQYNB
58. Polonskii A. B., Bardin M. Y., Voskresenskaya E. N. Statistical characteristics of cyclones and anticyclones over the Black Sea in the second half of the 20th century // *Physical Oceanography*. 2007. No. 6(17). DOI: 10.1007/s11110-008-9002-x EDN: LKPRBF
59. Raible C. C., Messmer M., Lehner F., Stocker T. F., Blender R. Extratropical cyclone statistics during the last millennium and the 21st century // *Climate of the Past*. 2018. No. 10(14). P. 1499–1514. DOI: 10.5194/cp-14-1499-2018 EDN: TYTGIG
60. Rudeva I., Gulev S. K. Composite Analysis of North Atlantic Extratropical Cyclones in NCEP–NCAR Reanalysis Data // *Monthly Weather Review*. 2011. No. 5(139). P. 1419–1446. DOI: 10.1175/2010MWR3294.1 EDN: OHQOZX
61. Simmonds I., Burke C., Keay K. Arctic Climate Change as Manifest in Cyclone Behavior // *Journal of Climate*. 2008. No. 22(21). P. 5777–5796. DOI: 10.1175/2008JCLI2366.1 EDN: MMRQCZ
62. Sinclair V. A., Rantanen M., Haapanala P., Räisänen J., Järvinen H. The characteristics and structure of extra-tropical cyclones in a warmer climate // *Weather and Climate Dynamics*. 2020. No. 1 (1). P. 1–25. DOI: 10.5194/wcd-1-1-2020 EDN: LMIUGM
63. Stendel M., Francis J., White R., Williams P. D., Woollings T. The jet stream and climate change in Climate Change. Elsevier, 2021. P. 327–357. DOI: 10.1016/B978-0-12-821575-3.00015-3 EDN: CMKDBI
64. Thompson D. W., Wallace J. M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability // *Journal of Climate*. 2000. No. 5(13). P. 1000–1016. DOI: 10.1175/1520-0442(2000)013 EDN: WWJGIK

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

65. Tilinina N., Gulev S. K., Rudeva I., Koltermann P. Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses // *Journal of Climate*. 2013. No. 17(26). P. 6419–6438. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00777.1 EDN: RFPRQJ
66. Trenberth K. E., Hurrell J. W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific // *Climate Dynamics*. 1994. Vol. 9. P. 303–319. DOI: 10.1007/BF00204745 EDN: WCMRES
67. Trigo I. F., Bigg G. R., Davies T. D. Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean // *Monthly Weather Review*. 2002. No. 3(130). P. 549–569. DOI: 10.1175/1520-0493(2002)130
68. Trigo I. F., Davies T. D., Bigg G. R. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region // *Journal of Climate*. 1999. No. 6(12). P. 1685–1696. DOI: 10.1175/1520-0442(1999)012
69. Trigo R. M., Osborn T. J., Corte-Real J. M. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms // *Climate research*. 2002. No. 1(20). P. 9–17. DOI: 10.3354/cr020009
70. Ulbrich U., Leckebusch G. C., Pinto J. G. Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review // *Theoretical and Applied Climatology*. 2009. No. 1–2(96). P. 117–131. DOI: 10.1007/s00704-008-0083-8 EDN: MNFCGL
71. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. No. 1(53). P. 111–119. DOI: 10.1134/S0001433817010133 EDN: YVHLDN
72. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system // *Advances in Science and Research*. 2011. No. 1(6). P. 237–243. DOI: 10.5194/asr-6-237-2011 EDN: MNIDBT
73. Wallace J. M. North Atlantic Oscillation/annular mode: Two paradigms—one phenomenon // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2000. No. 564(126). P. 791–805. DOI: 10.1002/qj.49712656402 EDN: LVMWYJ
74. Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter // *Monthly Weather Review*. 1981. No. 4(109). P. 784–812. DOI: 10.1175/1520-0493(1981)109
75. Wirth V., Eichhorn J. Long-lived Rossby wave trains as precursors to strong winter cyclones over Europe // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2014. No. 680(140). P. 729–737. DOI: 10.1002/qj.2191
76. Zheleznova I., Gushchina D. Y. Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. Vol. 41. P. 760–769. DOI: 10.3103/S1068373916110030 EDN: YVCHZP
77. Zolina O., Gulev S. K. Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies // *Monthly Weather Review*. 2002. No. 3(130). P. 748–759. DOI: 10.1175/1520-0493(2002)130 EDN: LHHDDN

References

1. Akperov M. G., Mokhov I. I. Estimates of the Sensitivity of Cyclonic Activity in the Troposphere of Extratropical Latitudes to Changes in the Temperature Regime. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2013, no. 2(49), pp. 129–129. (In Russ.) DOI 10.7868/s000235151302003x
2. Bardin M. Yu. Izmenchivost' harakteristik ciklonichnosti v srednej troposfere umerennyh shirot Severnogo polushariya [Variability of cyclonic characteristics in the middle troposphere of the temperate latitudes of the Northern Hemisphere]. *Meteorologiya i gidrologiya*, 1995, vol. 11, pp. 24–37. (In Russ.)
3. Bardin M. Yu., Platova T. V. Cold waves over the European part of Russia: structure, circulation conditions and changes in seasonal statistics. *Fundamental and Applied Climatology*, 2022, vol. 3(8), pp. 5–30. (In Russ.) DOI 10.21513/2410-8758-2022-3-5-30
4. Bardin M. Yu., Platova T. V., Samokhina O. F. Specific features of variability of cyclone activity in Northern Extratropics associated with leading atmospheric circulation modes in Atlantic-European sector. *Fundamental and Applied Climatology*, 2015, vol. 2, pp. 14–40. (In Russ.)
5. Bardin M. Yu., Platova T. V., Samokhina, O. F. Long-period variations of cyclone frequency in the Northern Extratropics. *Fundamental and Applied Climatology*, 2021, vol. 2(7), pp. 57–80. (In Russ.) DOI 10.21513/2410-8758-2021-2-57-80
6. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Klimaticheskaya kharakteristika tsiklonicheskoi aktivnosti v Severotikhookeanskom regione [Climatic characteristics of cyclonic activity in the North Pacific region]. *Sistemy kontrolya okruzhayushchei sredy*, 2010, no. 13, pp. 180–184. (In Russ.)
7. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. *Tsiklonicheskaya aktivnost' v Chernomorsko-Sredizemnomorskom regione: proyavleniya global'nykh protsessov v sisteme okean-atmosfera* [Cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region: manifestations of global processes in the ocean-atmosphere system]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 168 p. (In Russ.)
8. Gushchina D., Dewitte B. El Niño southern oscillation and its influence on the ocean-atmosphere processes. *Trudy Gosudarstvennogo Okeanograficheskogo Instituta*, 2016, no. 217, pp. 184–208. (In Russ.)
9. Zhuravsky V. Y., Voskresenskaya E. N. Technology of cyclones separation from global reanalyses data sets on meteorological fields. *Monitoring systems of environment*, 2018, no. 11, pp. 74–78. (In Russ.)
10. Mikhailova N. V., Voskresenskaya E. N. Atlantiko-Evropeiskie proyavleniya sobytii El-Nin'o raznykh tipov [Atlantic-European manifestations of different types of El Niño events]. *Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea], no. 23, pp. 34–39. (In Russ.)
11. Nesterov E. S. O vostochno-atlanticheskom kolebanii tsirkulyatsii atmosfery [East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation]. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2009, no. 12, pp. 32–40. (In Russ.)
12. Nesterov E. S. Ekstremal'nye tsiklony nad moryami evropeiskoi chasti Rossii [Extreme cyclones over the seas of the European part of Russia]. *Hydrometeorological Research and Forecasting*, 2018, no. 1, pp. 97–115. (In Russ.)
13. Perevedentsev Yu. P., Naumov E. P., Shantalinskii K. M. Sovremennye global'nye i regional'nye izmeneniya klimata [Current global and regional climate changes]. *Geographical Bulletin*, no. 2, pp. 84–96. (In Russ.)
14. Alpert P., Neeman B. U., Shay-El Y. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 1990, no. 1(42), p. 65.
15. Bardin M. Yu., Voskresenskaya E. N. Pacific decadal oscillation and European climatic anomalies. *Physical Oceanography*, 2007, no. 4(17), pp. 200–208. DOI 10.1007/s11110-007-0016-6
16. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, 1987, no. 6(115), pp. 1083–1126. DOI 10.1175/1520-0493(1987)115<1083:CSAPOL>2.0.CO;2
17. Campins J., Genovés A., Picornell M. A., Jansà Clar A., Climatological analysis of Mediterranean cyclones using the ERA-40 dataset. *International Journal of Climatology*, 2011, no. 11(31), pp. 1596–1614. DOI 10.1002/joc.2183

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

18. Ding S., Chen W., Feng J., Graf H. F. Combined impacts of PDO and two types of La Niña on climate anomalies in Europe. *Journal of Climate*, 2017, no. 9(30), pp. 3253–3278. DOI 10.1175/JCLI-D-16-0376.1
19. Dünkelloh A., Jacobeit J. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 2003, no. 15(23), pp. 1843–1866. DOI 10.1002/joc.973
20. Enfield D. B., Mestas-Nuñez A. M. Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns. *Journal of Climate*, 1999, no. 9(12), pp. 2719–2733. DOI 10.1175/1520-0442(1999)012<2719:MVIGSS>2.0.CO;2
21. Flaounas E., Davolio S., Raveh-Rubin S., Pantillon F., Miglietta M. M., Gaertner M. A., Hatzaki M., Homar V., Khodayar S., Korres G., Kotroni V., Kushta J., Reale M., Ricard D. Mediterranean cyclones: current knowledge and open questions on dynamics, prediction, climatology and impacts. *Weather and Climate Dynamics*, 2022, no. 1(3). P. 173–208. DOI 10.5194/wcd-3-173-2022
22. Guijarro J. A., Jansà A., Campins J. Time variability of cyclonic geostrophic circulation in the Mediterranean. *Advances in Geosciences*, 2006, vol. 7, pp. 45–49. DOI 10.5194/adgeo-7-45-2006
23. Harvey B. J., Shaffrey L. C., Woollings T. J., Zappa G., Hodges K. I. How large are projected 21st century storm track changes? *Geophysical Research Letters*, 2012, no. 18(39). P. 2012GL052873. DOI 10.1029/2012GL052873
24. Harvey B. J., Cook P., Shaffrey L. C., Schiemann R. The response of the Northern Hemisphere storm tracks and jet streams to climate change in the CMIP3, CMIP5, and CMIP6 climate models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2020, no. 23(125), pp. e2020JD032701. DOI 10.1029/2020JD032701
25. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twentyfirst century: the Eastern Mediterranean as an example. *Climate Dynamics*, 2020, no. 1–2(54), pp. 561–574. DOI 10.1007/s00382-019-05017-3
26. Hoskins B. J., Hodges K. I. New perspectives on the Northern Hemisphere winter storm tracks. *Journal of Atmospheric Sciences*, 2002, no. 6(59), pp. 1041–1061. DOI 10.1175/1520-0469(2002)059<1041:NPOTNH>2.0.CO;2
27. Hurrell J. W., Transient eddy forcing of the rotational flow during northern winter. *Journal of Atmospheric Sciences*, 1995, no. 12(52), pp. 2286–2301. DOI 10.1175/1520-0469(1995)052<2286:TEFOTR>2.0.CO;2
28. Hurrell J. W., Deser C. North Atlantic climate variability: the role of the North Atlantic Oscillation. *Journal of Marine Systems*, 2010, no. 3–4(79), pp. 231–244. DOI 10.1016/j.jmarsys.2009.11.002
29. Jansa A., Alpert P., Arbogast P., Buzzi A., Ivancan-Picek B., Kotroni V., Llasat M. C., Ramis C., Richard E., Romero R., Speranza A. MEDEX: a general overview. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2014, no. 8(14), pp. 1965–1984. DOI 10.5194/nhess-14-1965-2014
30. Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D. Extension to the North Atlantic oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland. *International Journal of Climatology*, 1997, no. 13(17), pp. 1433–1450. DOI 10.1002/(SICI)1097-0088(19971115)17:13<1433::AID-JOC203>3.0.CO;2-P
31. Kistler R., Kalnay E., Collins W., Saha S., White G., Woollen J., Chelliah M., Ebisuzaki W., Kanamitsu M., Kousky V., van den Dool H., Jenne R., Fiorino M., The NCEP–NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2001, no. 82(2), Pp. 247–268. <http://www.jstor.org/stable/26215517>
32. Kerr R. A. North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 2000, no. 5473(288), pp. 1984–1985. DOI 10.1126/science.288.5473.1984
33. Kerr, R.A., 2005. Atlantic climate pacemaker for millennia past, decades hence. *Science*, 2005, no. 5731(309), pp. 41–43. DOI 10.1126/science.309.5731.41
34. King M. P., Keenlyside N., Li C. ENSO teleconnections in terms of non-NAO and NAO atmospheric variability. *Climate Dynamics*, 2023, no. 5–6(61), pp. 2717–2733. DOI 10.1007/s00382-023-06697-8
35. Knight J. R., Folland C. K., Scaife A. A. Climate impacts of the Atlantic multidecadal oscillation. *Geophysical Research Letters*, 2006, no. 17(33), pp. L17706. DOI 10.1029/2006GL026242
36. Lionello P., Bhend J., Buzzi A., Della-Marta P. M., Krichak S. O., Jansà A., Maheras P., Sanna A., Trigo I. F., Trigo R., Cyclones in the Mediterranean region: Climatology and effects on the environment. Elsevier, 2006, pp. 325–372. DOI 10.1016/S1571-9197(06)80009-1
37. Seager R., Osborn T. J., Kushnir Y., Simpson I. R., Nakamura J., Liu H. Climate variability and change of Mediterranean-type climates. *Journal of Climate*, 2019, no. 32(10), pp. 2887–2915. DOI 10.1175/JCLI-D-18-0472.1
38. Lv Y., Guo J., Li J., Han Y., Xu H., Guo X., Cao L., Gao W. Increased turbulence in the Eurasian upper-level jet stream in winter: Past and future. *Earth and Space Science*, 2021, no. 2(8), pp. e2020EA001556. DOI 10.1029/2020EA001556
39. Maheras P., Flocas H. A., Patrikas I., Anagnostopoulou C. A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution. *International Journal of Climatology*, 2001, no. 1(21), pp. 109–130. DOI 10.1002/joc.599
40. Maheras P., Kutiel H. Spatial and temporal variations in the temperature regime in the Mediterranean and their relationship with circulation during the last century. *International Journal of Climatology*, 1999, no. 7(19), pp. 745–764. DOI 10.1002/(SICI)1097-0088(19990615)19:7<745::AID-JOC395>3.0.CO;2-2
41. Maheras P., Xoplaki E., Kutiel H. Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990. *Theoretical and Applied Climatology*, 1999, no. 64, pp. 189–199. DOI 10.1007/s007040050122
42. Mantua, N.J., Hare, S.R., 2002. The Pacific decadal oscillation. *Journal of Oceanography*, 2002, vol. 58, pp. 35–44. DOI 10.1023/A:1015820616384
43. Martin-Vide J., Lopez-Bustins J. The western Mediterranean oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 2006, no. 11(26), pp. 1455–1475. DOI 10.1002/joc.1388
44. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Lubkov A. S., Zhuravskii V. Y. *Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region*. Kazan: Kazan University, 2022, 32 p.
45. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region. *Geographical bulletin*, 2024, no. 3, pp. 95–112. (In Russ.) DOI 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112
46. Maslova V. N., Voskresenskaya E. N., Bardin M. Yu. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2010, no. 4(11), pp. 1366–1372.
47. Mo K. C., Livezey R. E. Tropical-extratropical geopotential height teleconnections during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 1986. No. 12(114). P. 2488–2515. DOI 10.1175/1520-0493(1986)114<2488:TEGHTD>2.0.CO;2

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

48. Neu U., Akperov M. G., Bellenbaum N., Benestad R., Blender, R., Caballero, R., Coccozza, A., Dacre, H.F., Feng, Y., Fraedrich, K., Grieger, J., Gulev, S., Hanley, J., Hewson, T., Inatsu, M., Keay K., Kew S. F., Kindem I., Leckebusch G. C., Liberato M. L. R., Lionello P., Mokhov I. I., Pinto J. G., Raible C. C., Reale M., Rudeva I., Schuster M., Simmonds I., Sinclair M., Sprenger M., Tilinina N. D., Trigo I. F., Ulbrich S., Ulbrich U., Wang X. L., Wernli H. IMILAST: a community effort to intercompare extratropical cyclone detection and tracking algorithms. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2013, no. 4(94), pp. 529–547. DOI 10.1175/BAMS-D-11-00154.1
49. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - West Pacific Pattern (WP) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/wp_map.shtml (Accessed 11 July 2025).
50. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - East Pacific - North Pacific Pattern (EP-NP) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/ep_map.shtml. (Accessed 11 July 2025).
51. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Pacific North American Pattern (PNA) . website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/pna_map.shtml. (Accessed 11 July 2025)
52. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Tropical Northern Hemisphere Pattern (TNH)). website. URL: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/tnh_map.shtml. (Accessed 11 July 2025).
53. NOAA Center for Weather and Climate Prediction, Climate Prediction Center Climate Prediction Center - Northern Hemisphere Teleconnection Patterns . website. URL: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/telecontents.shtml>. (Accessed 11 July 2025).
54. Peings Y., Magnusdottir G. Forcing of the wintertime atmospheric circulation by the multidecadal fluctuations of the North Atlantic ocean. *Environmental Research Letters*, 2014, no. 3(9), p. 034018. DOI 10.1088/1748-9326/9/3/034018
55. Pelly J. L., Hoskins B. J. A new perspective on blocking. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2003, no. 5(60), pp. 743–755. DOI 10.1175/1520-0469(2003)060<0743:ANPOB>2.0.CO;2
56. Pinto J. G., Ulbrich U., Leckebusch G. C., Spanghel T., Reyers M., Zacharias S., Changes in storm track and cyclone activity in three SRES ensemble experiments with the ECHAM5/MPI-OM1 GCM. *Climate Dynamics*, 2007, no. 2–3(29), pp. 195–210. DOI 10.1007/s00382-007-0230-4
57. Polonskii A. B. Atlantic multidecadal oscillation and its manifestations in the Atlantic-European region. *Physical Oceanography*, 2008, no. 4(18), pp. 227–236. DOI 10.1007/s11110-008-9020-8
58. Polonskii A. B., Bardin M. Y., Voskresenskaya E. N. Statistical characteristics of cyclones and anticyclones over the Black Sea in the second half of the 20th century. *Physical Oceanography*, 2007, no. 6(17). DOI 10.1007/s11110-008-9002-x
59. Raible, C.C., Messmer, M., Lehner, F., Stocker, T.F., Blender, R., 2018. Extratropical cyclone statistics during the last millennium and the 21st century. *Climate of the Past*, 2018, no. 10(14). P. 1499–1514. DOI 10.5194/cp-14-1499-2018
60. Rudeva I., Gulev S. K. Composite Analysis of North Atlantic Extratropical Cyclones in NCEP–NCAR Reanalysis Data. *Monthly Weather Review*, 2011, no. 5(139), pp. 1419–1446. DOI 10.1175/2010MWR3294.1
61. Simmonds I., Burke C., Keay K. Arctic Climate Change as Manifest in Cyclone Behavior. *Journal of Climate*, 2008, no. 22(21), pp. 5777–5796. DOI 10.1175/2008JCLI2366.1
62. Sinclair V. A., Rantanen M., Haapanala P., Räisänen J., Järvinen H. The characteristics and structure of extra-tropical cyclones in a warmer climate. *Weather and Climate Dynamics*, 2020, no. 1(1), pp. 1–25. DOI 10.5194/wcd-1-1-2020
63. Stendel M., Francis J., White R., Williams P. D., Woollings T. The jet stream and climate change in Climate Change. Elsevier, 2021, pp. 327–357. DOI 10.1016/B978-0-12-821575-3.00015-3
64. Thompson D. W., Wallace J. M. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *Journal of Climate*, 2000, no. 5(13), pp. 1000–1016. DOI 10.1175/1520-0442(2000)013<1000:AMITEC>2.0.CO;2
65. Tilinina N., Gulev S. K., Rudeva I., Koltermann P. Comparing cyclone life cycle characteristics and their interannual variability in different reanalyses. *Journal of Climate*, 2013, no. 17(26), pp. 6419–6438. DOI 10.1175/JCLI-D-12-00777.1
66. Trenberth K. E., Hurrell J. W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climate Dynamics*, 1994, vol. 9, pp. 303–319. DOI 10.1007/BF00204745
67. Trigo I. F., Bigg G. R., Davies T. D. Climatology of cyclogenesis mechanisms in the Mediterranean. *Monthly Weather Review*, 2002, no. 3(130), pp. 549–569. DOI 10.1175/1520-0493(2002)130<0549:COCMIT>2.0.CO;2
68. Trigo I. F., Davies T. D., Bigg G. R. Objective climatology of cyclones in the Mediterranean region. *Journal of Climate*, 1999, no. 6(12), pp. 1685–1696. DOI 10.1175/1520-0442(1999)012<1685:OCOCIT>2.0.CO;2
69. Trigo R. M., Osborn T. J., Corte-Real J. M. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms. *Climate research*, 2002, no. 1(20), pp. 9–17. DOI 10.3354/cr020009
70. Ulbrich U., Leckebusch G. C., Pinto J. G., Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review. *Theoretical and Applied Climatology*, 2009, no. 1–2(96), pp. 117–131. DOI 10.1007/s00704-008-0083-8
71. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 2017, no. 1(53), pp.111–119. DOI 10.1134/S0001433817010133
72. Voskresenskaya E. N., Maslova V. N. Winter-spring cyclonic variability in the Mediterranean-Black Sea region associated with global processes in the ocean-atmosphere system. *Advances in Science and Research*, 2011, no. 1(6), pp. 237–243. DOI 10.5194/asr-6-237-2011
73. Wallace J. M. North Atlantic Oscillation/annular mode: Two paradigms—one phenomenon. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2000, no. 564(126), pp. 791–805. DOI 10.1002/qj.49712656402
74. Wallace J. M., Gutzler D. S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly Weather Review*, 1981, no. 4(109), pp. 784–812. DOI 10.1175/1520-0493(1981)109<0784:TITGHF>2.0.CO;2
75. Wirth V., Eichhorn J. Long-lived Rossby wave trains as precursors to strong winter cyclones over Europe. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 2014, no. 680(140), pp. 729–737. DOI 10.1002/qj.2191
76. Zheleznova I., Gushchina D. Y. Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2016, vol. 41, pp. 760–769. DOI 10.3103/S1068373916110030
77. Zolina O., Gulev S. K. Improving the accuracy of mapping cyclone numbers and frequencies. *Monthly Weather Review*, 2002, no. 3(130), pp. 748–759. DOI 10.1175/1520-0493(2002)130<0748:ITAOMC>2.0.CO;2

Метеорология

Маслова В. Н., Воскресенская Е. Н., Лубков А. С.

Статья поступила в редакцию: 11.07.25, одобрена после рецензирования: 17.09.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 11 July 2025; approved after review: 17 September 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Вероника Николаевна Маслова

Кандидат географических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
крупномасштабного взаимодействия океана
и атмосферы и изменений климата,
Институт природно-технических систем;
299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: veronika_maslova@mail.ru

Елена Николаевна Воскресенская

Доктор географических наук, профессор,
заведующая лабораторией крупномасштабного
взаимодействия океана и атмосферы
и изменений климата,
Институт природно-технических систем;
299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: elena_voskr@mail.ru

Андрей Сергеевич Лубков

Кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник лаборатории
крупномасштабного взаимодействия океана
и атмосферы и изменений климата,
Институт природно-технических систем;
299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: andrey-ls2015@yandex.ru

Information about the authors

Veronika N. Maslova

Candidate of Geographical Sciences,
Leading Researcher, Laboratory of Large-Scale
Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change,
Institute of Natural and Technical Systems;
28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Elena N. Voskresenskaya

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Head of the Laboratory of Large-Scale
Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change,
Institute of Natural and Technical Systems;
28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Andrey S. Lubkov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Researcher, Laboratory of Large-Scale
Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change,
Institute of Natural and Technical Systems;
28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Вклад авторов

Маслова В. Н. – идея статьи, обработка и анализ данных, написание статьи.

Воскресенская Е. Н. – идея исследования, написание статьи, научное редактирование текста.

Лубков А.С. – обработка и анализ данных, визуализация результатов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Veronika N. Maslova – the idea of the article; data processing and analysis; writing of the article.

Elena N. Voskresenskaya – the idea of the stud; writing of the article; scientific editing.

Andrey S. Lubkov – data processing and analysis; visualization of results.

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

Научная статья

УДК: 551.554

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-137-144

EDN: RHPKJZ

**ТЕМПЕРАТУРНО-ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ В КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫХ ОБЛАКАХ ПО ДАННЫМ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ С ВЫСОКИМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ РАЗРЕШЕНИЕМ****Егор Юрьевич Федурин¹, Николай Александрович Калинин²**^{1, 2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия¹ egor.fedurin@gmail.com² kalinin@psu.ru

Аннотация. Атмосферная турбулентность в пограничном слое атмосферы оказывает существенное влияние на термодинамические процессы, влияющие на формирование погоды и климата, на эффективность ветроэнергетики и безопасность аэронавигации. Случайные неоднородности, возникающие при турбулентном движении в атмосфере, создают помехи при астрономических наблюдениях и слежении за воздушно-космическими объектами, поэтому изучение процессов образования и развития турбулентности остается важным направлением в атмосферных исследованиях. Цель работы – выявить особенности вертикальных профилей температуры воздуха и скорости ветра в пограничном слое атмосферы в ясную погоду и в кучево-дождевых облаках.

По данным радиозондирования атмосферы с высоким пространственно-временным разрешением рассчитаны усредненные вертикальные профили производных потенциальной температуры воздуха и скорости ветра. Выявлены особенности изменения по высоте вертикальных градиентов потенциальной температуры воздуха и скорости ветра, а также проведен анализ связи этих величин с атмосферной турбулентностью. Установлено, что в ясную погоду в пограничном слое атмосферы происходит сухоадиабатическое вертикальное смещение воздушных масс, а в кучево-дождевых облаках адиабатичность нарушена. В ясную погоду в приземном слое в дневные сроки наблюдений отмечается отток тепла, а в ночные сроки приток. В кучево-дождевых облаках вне зависимости от времени суток наблюдается множество перемежающихся тонких слоев, в которых происходит приток или отток тепла. Также отмечено, что в кучево-дождевых облаках и в подоблачном слое осуществляется вертикальное турбулентное перемешивание тепла.

Ключевые слова: потенциальная температура, ветер, турбулентность, кучево-дождевое облако, число Ричардсона, сдвиг ветра

Для цитирования: Федурин Е. Ю., Калинин Н. А. Температурно-ветровой режим в кучево-дождевых облаках по данным радиозондирования с высоким пространственно-временным разрешением // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 137–144. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-137-144 EDN: RHPKJZ

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-137-144

EDN: RHPKJZ

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND WIND SPEED IN CUMULONIMBUS CLOUDS BASED ON RADIOSONDE DATA WITH HIGH SPATIOTEMPORAL RESOLUTION**Yegor Yu. Fedurin¹, Nikolay A. Kalinin²**^{1, 2} Perm State University, Perm, Russia¹ egor.fedurin@gmail.com² kalinin@psu.ru

Abstract. Turbulence in the boundary layer of the atmosphere has a significant impact on thermodynamic processes affecting the formation of weather and climate, the efficiency of wind energy, and the safety of air navigation. Random inhomogeneities caused by turbulent motion in the atmosphere interfere with astronomical observations and tracking of aerospace objects, therefore the study of the turbulence formation and development processes remains an important

© Федурин Е. Ю., Калинин Н. А., 2026

Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

direction in atmospheric research. This study aims to identify the features of vertical profiles of air temperature and wind speed in the boundary layer of the atmosphere in clear weather and in cumulonimbus clouds.

Averaged vertical profiles of potential air temperature and wind speed were calculated according to sounding data with high spatiotemporal resolution. The features of changes in the height of vertical gradients of potential air temperature and wind speed were identified, and the relationship between these values and atmospheric turbulence was analyzed. The study has found that in clear weather in the boundary layer of the atmosphere there occurs a dry adiabatic vertical displacement of air masses, while in cumulonimbus clouds adiabaticity is disturbed. In clear weather, in the surface layer there is an outflow of heat in the daytime and an influx of heat in the nighttime. In cumulonimbus clouds, regardless of the time of day, there are many alternating thin layers in which an influx or outflow of heat take place. It is also noted that vertical turbulent mixing of heat occurs in and under cumulonimbus clouds.

Keywords: potential temperature, wind, turbulence, cumulonimbus cloud, Richardson number, wind shear

For citation: Fedurin Ye. Yu., Kalinin N. A. Analysis of temperature and wind speed in cumulonimbus clouds based on radiosonde data with high spatiotemporal resolution. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 137–144. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-137-144 EDN: RHPKJZ

Введение

В качестве наиболее эффективного критерия возникновения и развития процессов турбулентных течений, протекающих в атмосфере, а также для идентификации областей устойчивости/неустойчивости или стабильности/нестабильности атмосферы, используется число Ричардсона – Ri [7; 12].

Для летнего времени года типична суточная смена стратификации в пограничном слое, в связи с этим высота слоя турбулентного перемешивания варьируется в течение суток. Согласно данным лидарных [11; 13] и содарных [9] измерений, а также данным радиозондирования атмосферы [6], высота слоя турбулентного перемешивания в дневное время может достигать 900 м и более, при этом наиболее высокий уровень турбулентной энергии наблюдается в нижнем 500-метровом слое. В ночное же время, когда развивается сильная температурная инверсия и устанавливается устойчивая стратификация, турбулентное перемешивание существенно ослабевает и сохраняется лишь в верхней части приземного слоя. В нижней части приземного слоя скорость ветра и турбулентные движения замедляются, что в наибольшей степени проявляется в городской среде в связи с влиянием шероховатости урбанизированной поверхности [8; 9; 16; 17]. При этом наблюдается повышение уровня максимума турбулентной энергии выше приземного слоя, а перенос турбулентной энергии происходит сверху вниз.

Слои с устойчивой и неустойчивой стратификацией, а также распределения числа Ричардсона характеризуются изменчивостью во времени и имеют слоистую структуру по высоте [1; 11; 17]. Причиной возникновения высотной перемежаемости стратификации и числа Ричардсона являются низкоуровневые струйные течения. В области струйных течений число Ричардсона, как правило, имеет меньшие значения, чем за их пределами, однако для всех струйных течений характерны его резкие скачки вдоль оси до значений, значительно превышающих критическое $Ri_{кр} = 0,25$. Иными словами, ветровая турбулентность имеет наименьшую интенсивность в центральной части струйных течений, где $Ri > Ri_{кр}$, и увеличивается к периферии струйных течений, на высотах, где $Ri < Ri_{кр}$ [2; 16].

На рост интенсивности турбулентности может влиять наличие атмосферных волн, что объясняется частичной трансформацией волновой энергии в турбулентную [2; 14; 15]. Ветровая турбулентность при наличии атмосферных волн и значении числа Ричардсона ниже критического может быть довольно сильной. С исчезновением волны интенсивность турбулентности уменьшается на всех высотах.

Расчеты по данным реанализа ECMWF ERA-Interim показывают, что за пределами пограничного слоя атмосферы наибольшие значения числа Ричардсона наблюдаются в районе тропопаузы [3].

Цель данной работы состоит в том, чтобы по данным радиозондирования атмосферы с высоким пространственно-временным разрешением выявить закономерности температурно-ветрового режима, характерные для кучево-дождевых облаков.

Методика

В настоящее время при экспериментальных исследованиях атмосферы широко используются различные средства зондирования, позволяющие получать метеорологические данные в реальном времени с необходимым пространственным и временным разрешением: радары, содары, лидары, беспилотные летательные аппараты, радиозонды.

В представленной работе в качестве средства измерения используется система радиозондирования АРНК «Полус-М» [10], функционирующая на основе спутниковых навигационных платформ и позволяющая получать вертикальные профили температуры, влажности, направления и скорости ветра от поверхности земли до 30–35 км летом и до 20–25 км зимой с дискретностью по времени 2 с, а по высоте 3–5 м. Предел допускаемой абсолютной погрешности данного оборудования по измерению температуры составляет $\pm 0,6^\circ \text{C}$, а среднеквадратическая погрешность измерения скорости среднего ветра составляет 0,7 м/с.

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

Формула для расчета безразмерного числа Ричардсона имеет следующий вид:

$$Ri = \frac{g}{\theta} \frac{d\theta/dz}{\beta^2}$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; θ – средняя потенциальная температура слоя, К; β – вертикальный градиент скорости ветра (сдвиг ветра), c^{-1} ; z – высота, м.

Наиболее благоприятным для развития турбулентности являются слои со значениями $Ri < 1$ [7].

Существуют критические значения вертикального сдвига ветра, сочетание которых с различными величинами вертикального градиента температуры может привести к возникновению интенсивного турбулентного обмена: при $-0,4^\circ C/100 \text{ м} > \frac{dT}{dz} \geq -1^\circ C/100 \text{ м}$ сдвиг ветра β должен быть $\geq 1 \text{ c}^{-1} \times 10^{-2}$; при $0^\circ C/100 \text{ м} > \frac{dT}{dz} \geq -0,4^\circ C/100 \text{ м}$ сдвиг ветра β должен быть $\geq 2 \text{ c}^{-1} \times 10^{-2}$; при $\frac{dT}{dz} \geq 0^\circ C/100 \text{ м}$ сдвиг ветра β должен быть $\geq 3 - 4 \text{ c}^{-1} \times 10^{-2}$ [6].

Интенсивность турбулентной энергии определяется не только градиентами температуры и ветра, но также зависит от изменения этих градиентов. Для оценки степени турбулентности атмосферы и для определения тех слоев, в которых может наблюдаться турбулентность, необходимо обращать внимание не только на большие β и малые значения Ri , но и на характер изменения этих величин по вертикали.

Для возникновения повышенной турбулентности благоприятно такое положение, когда малые значения β (большие величины Ri) в нижележащем слое переходят в большие значения β (малые значения Ri) в соседнем вышележащем слое. Турбулентность начинается в слое с большими значениями β , т.е. в слое с резким усилением ветра.

Верхняя граница турбулентной зоны обычно связана с тем уровнем, вблизи которого наблюдается резкий переход от малых значений Ri к его большим величинам.

В мощных слоях с малыми значениями Ri турбулентность либо отсутствует, либо присутствует сверху и снизу данного слоя. Для возникновения турбулентности более благоприятно существование тонких неоднородных слоев [4]. Иными словами, рассматривать следует не только первые, но и вторые производные данных величин по высоте.

Также вторая производная потенциальной температуры по высоте, как следует из уравнения притока тепла в турбулентной атмосфере, характеризует вертикальный турбулентный приток тепла [7]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k \frac{\partial \theta}{\partial z}$$

Опыт наблюдений показывает, что благодаря конвекционным потокам радиозонд всегда затягивает в кучево-дождевое облако через его нижнюю границу. По данным аэрологической станции «Пермь» в летние периоды 2018–2024 гг. для исследования отобрано 20 таких случаев в дневной срок наблюдений (12 ч всемирного согласованного времени (ВСВ)) и 5 случаев в ночной срок (0 ч ВСВ). Во всех случаях наблюдались грозовые явления и ливневые осадки: в дневные сроки наблюдений, как правило, внутримассовые, а в ночные сроки – фронтальные. С целью сравнения вертикальных профилей также было отобрано такое же количество выпусков при ясной погоде и повышенном атмосферном давлении в моменты прохождения через пункт наблюдений антициклонов.

Данные наблюдений интерполированы кубическими сплайнами на вертикальную сетку с шагом 5 м от уровня наблюдательной станции до высоты 1400 м. Такая высота обоснована тем, что подавляющая часть радиозондов при пролете через кучево-дождевое облако, сопровождающееся грозовыми явлениями, выходит из строя на высоте около 1500–2000 м. Также эта высота приблизительно соответствует высоте пограничного слоя атмосферы.

После интерполяции в узлах сетки произведены расчеты первой и второй производных потенциальной температуры и скорости ветра по высоте.

Затем на основе полученных расчетов построены усредненные профили исследуемых величин.

Результаты и их обсуждение

На рисунках 1–4 представлены усредненные вертикальные профили первой производной потенциальной температуры ($\partial\theta/\partial z$) и вертикального градиента скорости ветра ($\beta = \partial v/\partial z$), а также вторые производные этих же величин ($\partial^2\theta/\partial z^2$, $\partial\beta/\partial z$).

Как видно из рисунков 1–2, значения $\partial\theta/\partial z$ в ясную погоду в слое 300–1300 м равны нулю, в то время как в кучево-дождевом облаке данная величина показывает существенную изменчивость по высоте. Как известно [5], потенциальная температура воздуха не изменяется при сухадиабатическом процессе, при устойчивой стратификации растет с высотой, а при сухонеустойчивой падает. В слоях изотермии и инверсии потенциальная температура растет с высотой наиболее быстро.

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

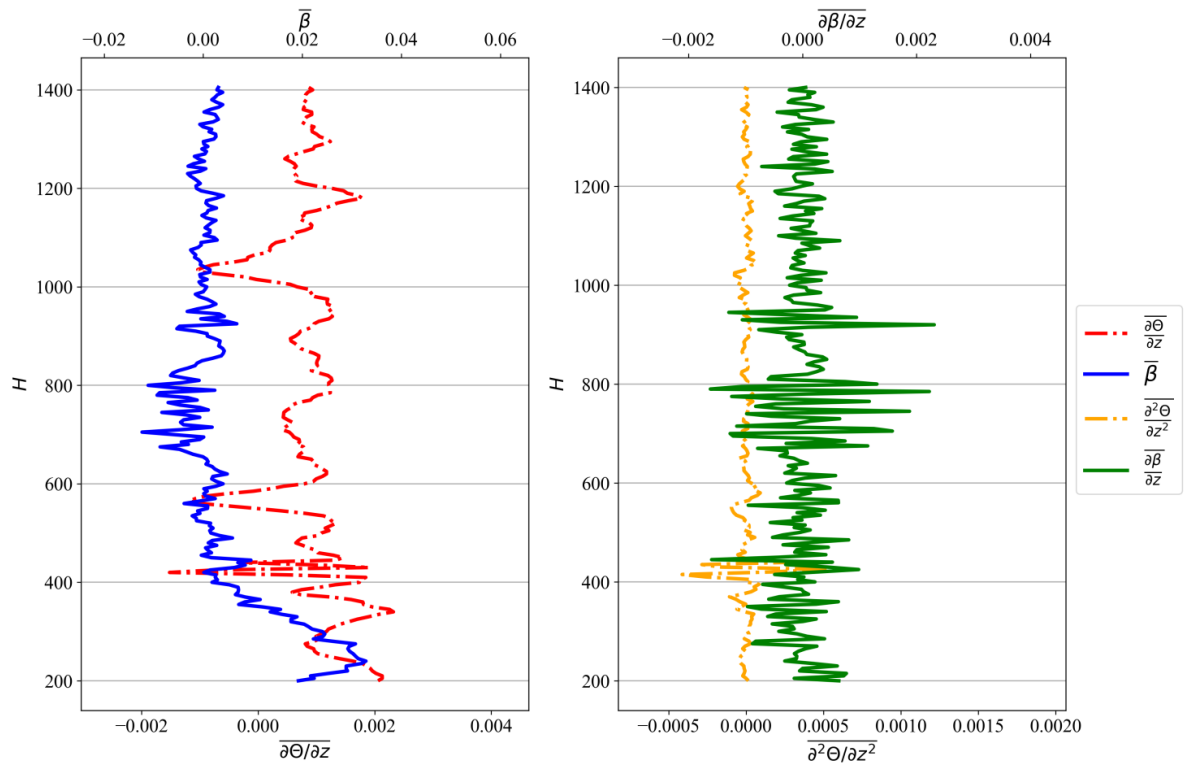


Рис. 1. Усредненные вертикальные профили β и $\partial\theta/\partial z$ и скорости их изменения с высотой в кучево-дождевых облаках в дневные сроки наблюдений
 Fig. 1. Averaged vertical profiles β and $\partial\theta/\partial z$ and the rate of their change with height in cumulonimbus clouds during daytime observation periods

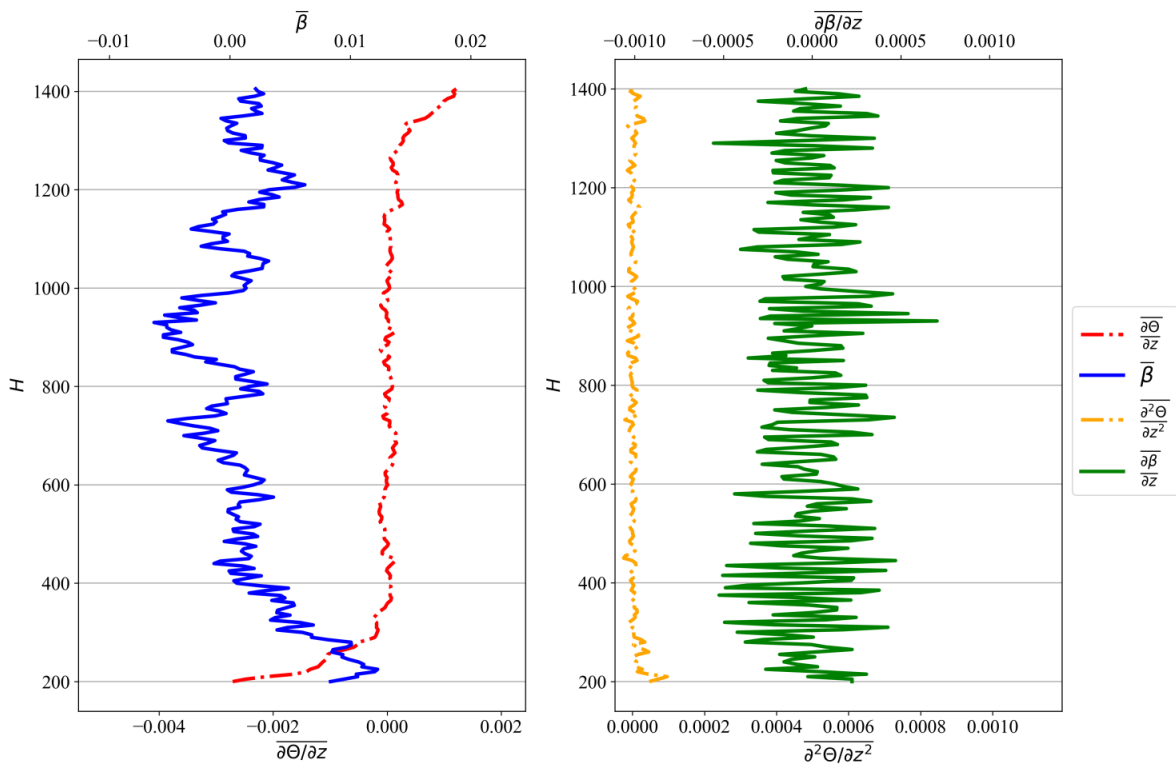


Рис. 2. Усредненные вертикальные профили β и $\partial\theta/\partial z$ и скорости их изменения с высотой в ясную погоду в дневные сроки наблюдений
 Fig. 2. Averaged vertical profiles β and $\partial\theta/\partial z$ and the rate of their change with height in clear weather during daytime observation periods

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

Из рисунка 2 следует, что в ясную погоду в пограничном слое атмосферы происходит адиабатическое вертикальное смещение воздушных масс за исключением приземного слоя атмосферы, в котором потенциальная температура уменьшается с высотой, что объясняется прогревом этого слоя атмосферы от подстилающей поверхности и развитием сильной неустойчивости. Таким образом, в приземном слое в ясную погоду происходит нарушение адиабатичности и отток тепла, а турбулентного перемешивания тепла в пограничном слое атмосферы нет ($\partial^2\theta/\partial z^2 \approx 0$).

Для кучево-дождевых облаков и подоблачной зоны (рис. 1) характерно хаотичное слоистое изменение потенциальной температуры с высотой. Наблюдается множество тонких слоев с притоком и оттоком тепла. Для всего пограничного слоя атмосферы характерно отклонение от адиабатического процесса. Также величина $\partial^2\theta/\partial z^2$ показывает, что в слое 400–450 м происходит вертикальное турбулентное перемешивание тепла, при этом данный слой в среднем соответствует высоте основания кучево-дождевых облаков.

Анализ графиков также показывает, что в подоблачном слое и в нижней части кучево-дождевых облаков как сама величина сдвигов скорости ветра, так и ее колебания интенсивнее, чем в ясную погоду: первая производная скорости ветра по высоте (сдвиг ветра) в кучево-дождевых облаках приблизительно вдвое больше, чем в ясную погоду, а вторая производная скорости ветра в слое 700–900 м в кучево-дождевых облаках в 3–4 раза превышает таковую в условиях безоблачной погоды. Следовательно, в нижней части кучево-дождевого облака наблюдается слой с резкими изменениями сдвига ветра, что может способствовать возникновению турбулентности.

Рисунки 3–4 показывают, что ночью все исследуемые величины ведут себя аналогично дневным срокам: 1) для потенциальной температуры в ясную погоду характерно сухоадиабатическое распределение в пограничном слое атмосферы за исключение приземного слоя. В кучево-дождевых облаках распределение этой величины хаотичное; 2) в кучево-дождевых облаках наблюдаются слои с вертикальным турбулентным перемешиванием тепла, в ясную погоду такие слои отсутствуют; 3) величины первой и второй производной скорости ветра по высоте в кучево-дождевых облаках больше, чем в ясную погоду.

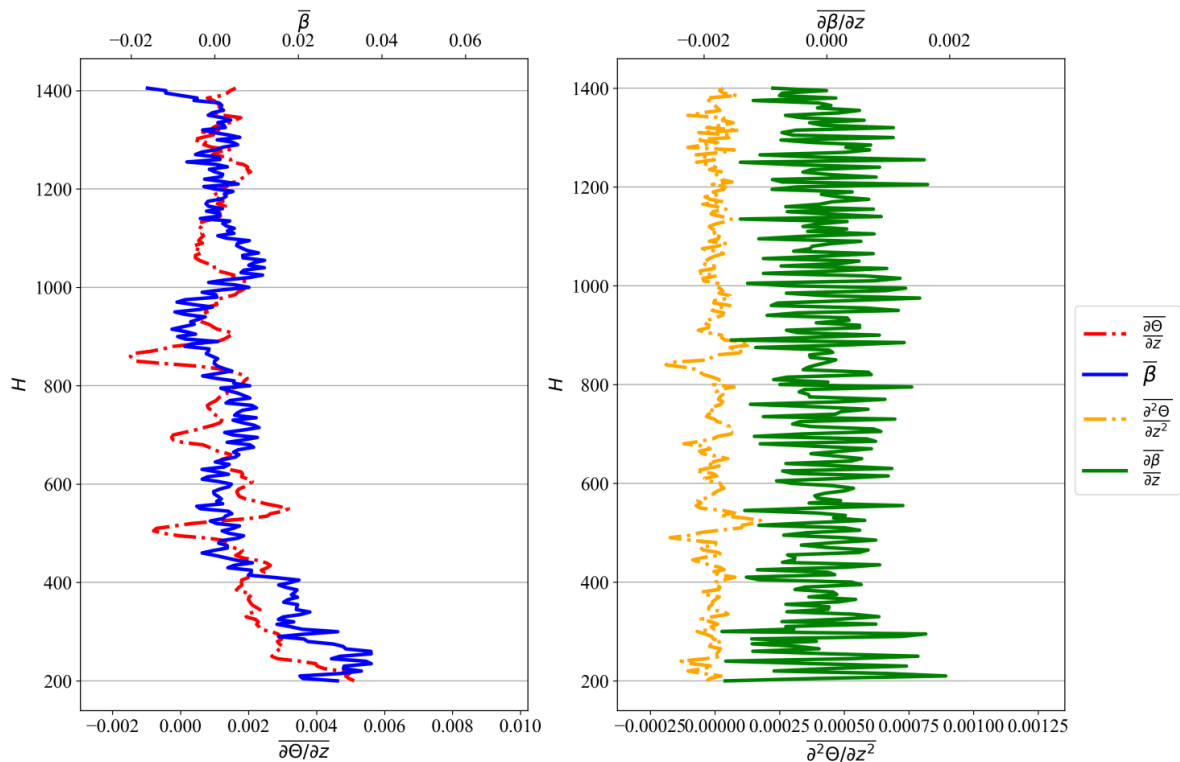


Рис. 3. Усредненные вертикальные профили β и $\partial\theta/\partial z$ и скорости их изменения с высотой в кучево-дождевых облаках в ночные сроки наблюдений

Fig. 3. Averaged vertical profiles β and $\partial\theta/\partial z$ and the rate of their change with height in cumulonimbus clouds during nighttime observation periods

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

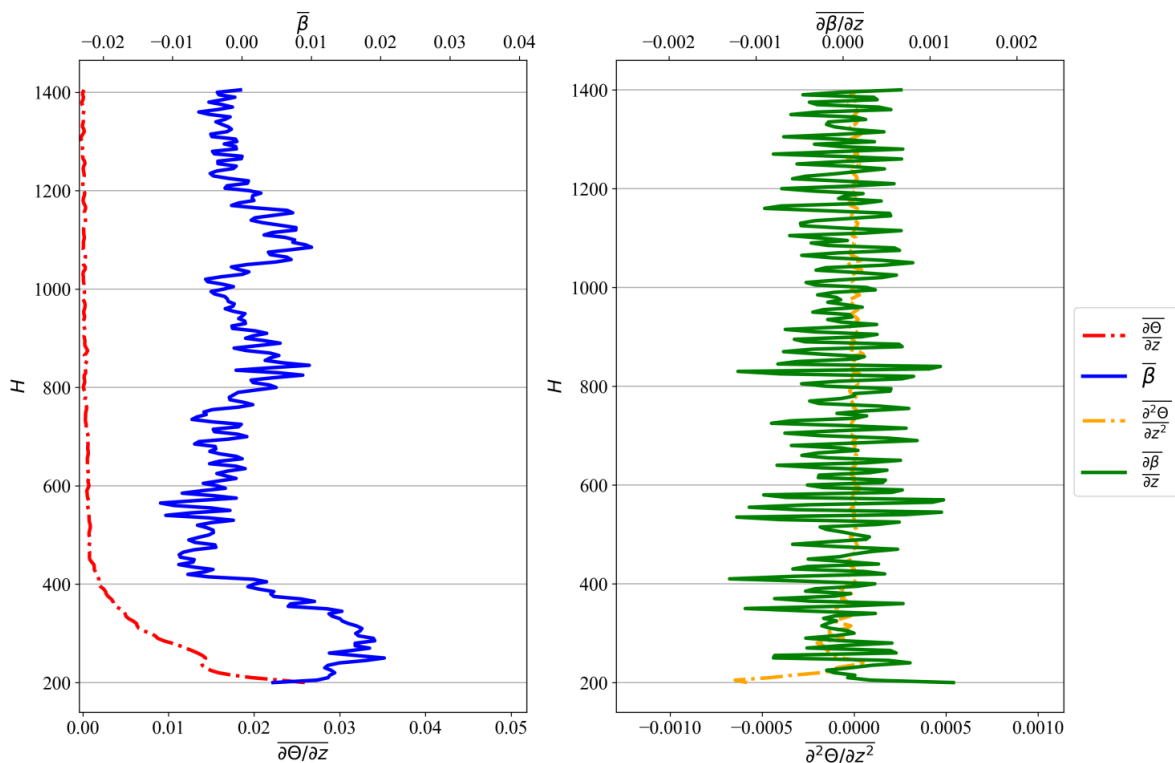


Рис. 4. Усредненные вертикальные профили β и $\partial\theta/\partial z$ и скорости их изменения с высотой в ясную погоду в ночные сроки наблюдений

Fig. 4. Averaged vertical profiles β and $\partial\theta/\partial z$ and the rate of their change with height in clear weather during nighttime observation periods

Разница есть лишь в распределении потенциальной температуры в приземном слое в ясную погоду, где наблюдается рост потенциальной температуры с высотой, что объясняется развитием в ночное время приземных инверсий и притока тепла в этом слое.

Заключение

Современные данные радиозондирования атмосферы, имеющие разрешение по высоте 3–5 м, позволяют с более высокой точностью изучать вертикальные профили температуры, влажности, скорости и направления ветра, чем это было возможно делать в предыдущие годы.

В работе проанализированы такие случаи температурно-ветрового зондирования атмосферы, когда радиозонд залетает непосредственно в кучево-дождевое облако, и выявлены следующие закономерности:

1. Для пограничного слоя атмосферы в ясную погоду характерно сухоадиабатическое вертикальное смещение воздушных масс, за исключение приземного слоя;
2. В приземном слое атмосферы в ясную погоду в дневные сроки потенциальная температура с высотой уменьшается, и происходит отток тепла. В ночные сроки наоборот: потенциальная температура с высотой растет, происходит приток тепла;
3. В кучево-дождевых облаках распределение потенциальной температуры во всем пограничном слое атмосферы хаотичное и разделено на множество тонких слоев, а адиабатичность процесса нарушается;
4. В кучево-дождевых облаках наблюдаются слои с вертикальным турбулентным перемешиванием тепла, особенно у основания облаков, а в ясную погоду такие слои отсутствуют;
5. В кучево-дождевых облаках величины вертикального сдвига скорости ветра и его колебания интенсивнее, чем в ясную погоду, особенно в подоблачном слое и в нижней части облаков.

Библиографический список

1. Банах В. А., Смалихо И. Н., Фалиц А. В. Температурно-ветровой режим устойчивого пограничного слоя в прибрежной зоне Байкала. I. Число Ричардсона // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33, № 8. С. 621–630. DOI: 10.15372/AOO20200806 EDN: UVXNSV
2. Банах В. А., Смалихо И. Н., Фалиц А. В. Температурно-ветровое зондирование пограничного слоя атмосферы в прибрежной зоне Байкала. II. Атмосферные волны и ветровая турбулентность // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33, № 8. С. 631–642. DOI: 10.15372/AOO20200807 EDN: QLUXXM
3. Ботьбасова Л. А. Стабильность атмосферы над специальной астрофизической обсерваторией РАН // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: материалы XXVIII Международного симпозиума, Томск, 04–08 июля 2022 года. Томск: ФГБУН Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. С. 300–303. DOI: 10.56820/OAOPA.2022.63.66.001 EDN: DISRFF

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

4. Воронцов П. А. Турбулентность и вертикальные токи в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 296 с.
5. Головина Е. Г., Абанников В. Н., Аед Мханна И. Н., Подгайский Э. В. Основы термодинамики атмосферы учеб. пособие. СПб: Изд-во «Ниц Арт», 2022. 61 с. ISBN: 978-5-907478-81-7 EDN: ZYFJZE
6. Гусейнов Н. Ш. Вертикальное распределение метеорологических параметров в пограничном слое атмосферы // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2006. № 2. С. 79–85. EDN: NDSFXH
7. Калинин Н. А. Физическая метеорология: учебное пособие. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. 257 с. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Kalinin-Fizicheskaya-meteorologiya.pdf> (дата обращения 21.11.2024) ISBN: 978-5-7944-3959-5 EDN: Y1YZKQ
8. Каллистратова М. А., Пекур М. С., Юшков В. П. Различия профилей ветра в пограничном слое над городом и сельской местностью // Вестник Московского университета. Физика. Астрономия. 2005. № 5. С. 55–59. EDN: JVIUZZ
9. Поткаев А. И., Шаманаева Л. Г., Кулагина В. В. Суточная динамика кинетической энергии в атмосферном пограничном слое по результатам минисодарных измерений // Известия вузов. Физика. 2021. Т. 64, № 8. С. 16–24. DOI: 10.17223/00213411/64/8/16 EDN: TLDACU
10. Руководство по эксплуатации базовой станции СР «Полюс». ШЛИГ.464344.005 РЭ. 33 с. URL: <http://www.meteo-radiy.ru/katalog/dokumentatsiya> (дата обращения: 28.11.2024)
11. Banakh V. A., Fall its A. V., Sherstobitov A. M., Smalikhov I. N., Sukharev A. A., Gordeev E. V., Zaloznaya I. V. On estimation of the turbulent mixing layer altitude from the altitude-time distributions of the richardson number // Atmospheric and Oceanic Optics. 2023. Vol. 36, No 1. P. 30–40. DOI: 10.1134/S1024856023020033 EDN: SQSGFW
12. Banta R. M., Pichugina Y. L., Newsom R. K. Relationship between Low-Level Jet Properties and Turbulence Kinetic Energy in the Nocturnal Stable Boundary Layer // Journal of the Atmospheric Sciences. 2003. Vol. 60, Iss. 20. P. 2549–2555. DOI: 10.1175/1520-0469(2003)060 EDN: GMONOZ
13. Bonin T. A., Carroll B. J., Hardesty R. M., Brewer W. A., Hajny K., Salmon O. E., Shepson P. B. Doppler lidar observation of the mixing height in Indianapolis using an automated composite fuzzy logic approach // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 2018. Vol. 35, No. 3. P. 915–935. DOI: 10.1175/JTECH-D-17-0159.1 EDN: YIDUCD
14. Dewan E. M. Stratospheric wave spectra resembling turbulence // Science. 1979. Vol. 204. P. 832–835.
15. Duck T. J., Whiteway J. A. The spectrum of waves and turbulence at the tropopause // Geophysical research letters. 2005. Vol. 32, Iss. 7. DOI: 10.1029/2004GL021189
16. Kurbatskii A.F., Kurbatskaya L.I. Modeling of the vertical structure of the nocturnal boundary layer over a rough surface // Atmospheric and Oceanic Optics. 2009. Vol. 22, No 2. P. 1–7. DOI: 10.1134/S1024856009020067 EDN: WRFCRB
17. Kurzeja R. J., Leclerc M. Y., Duarte H. F., Zhang G., Parker M. J., Werth D. W., Chiswell S. R., Buckley R. L. Turbulence and Diffusion on Weakly Stable and Stable Nights near a 300 m Tower in a Complex Landscape // Journal of the Atmospheric Sciences. 2023. Vol. 80, Iss. 1. P. 211–233. DOI: 10.1175/JAS-D-21-0268.1 EDN: BGXJDS

References

1. Banakh V. A., Smalikhov I. N., Falits A. V. Wind temperature sounding in the atmospheric boundary layer in the coastal area of Lake Baikal. I. The Richardson number. *Optika Atmosfery i Okeana*. 2020, vol. 33, no. 8. pp.621–630. (In Russ.) DOI 10.15372/AOO20200806
2. Banakh V. A., Smalikhov I. N., Falits A. V. Wind temperature sounding in the atmospheric boundary layer in the coastal area of Lake Baikal. II. Atmospheric waves and wind turbulence. *Optika atmosfery i okeana*, 2020, vol. 33, no. 8. pp. 631–642. (In Russ.) DOI 10.15372/AOO20200807
3. Bol'basova L. A. Stabil'nost' atmosfery nad spetsial'noi astrofizicheskoi observatorii RAN [Atmospheric stability over the special astrophysical observatory of the Russian Academy of Sciences]. *Optika atmosfery i okeana. Fizika atmosfery : XXVIII Mezhdunarodnyi simpozium, Tomsk, 04–08 iyulya 2022 goda*. Tomsk: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut optiki atmosfery im. V. E. Zueva Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk, 2022, pp. 300–303. (In Russ.) DOI 10.56820/OAOPA.2022.63.66.001
4. Vorontsov P. A. *Turbulentnost' i vertikal'nye toki v pogranychom sloe atmosfery* [Turbulence and vertical currents in the boundary layer of the atmosphere]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1966. 296 p. (In Russ.)
5. Golovina E. G., Abannikov V. N., Aed Mkhanna I. N., Podgaiskii E. V. *Osnovy termodinamiki atmosfery* [Fundamentals of Atmospheric Thermodynamics]. Sankt Peterburg: Nits Art. 2022. 61 p. (In Russ.)
6. Guseynov N.S.H. Vertikal'noye raspredeleniye meteorologicheskikh parametrov v pogranychom sloe atmosfery [Vertical distribution of meteorological parameters in the boundary layer of the atmosphere] // *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. 2006. No 2. Pp. 79–85. (In Russ.)
7. Kalinin N. A. *Fizicheskaya meteorologiya* [Physical Meteorology], 2023, 257 p. Perm State University, website. (In Russ.) URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/Kalinin-Fizicheskaya-meteorologiya.pdf> (Accessed 21 November 2024).
8. Kallistratova M. A., Pekur M. S., Yushkov V. P. Razlichiya profilei vetra v pogranychom sloe nad gorodom i sel'skoi mestnost'yu [Differences in wind profiles in the boundary layer over urban and rural areas]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Fizika. Astronomiya*. 2005, no. 5, pp. 55–59. (In Russ.)
9. Potkaev A. I., Shamanaeva L. G., Kulagina V. V. Diurnal dynamics of the kinetic energy in the atmospheric boundary layer retrieved from minisodar measurements. *Russian Physics Journal*, 2021, vol. 64, no. 8, pp. 16–24. (In Russ.) DOI 10.17223/00213411/64/8/16
10. *Rukovodstvo po ekspluatatsii bazovoy stantsii SR «Polyus»* [Operation manual of the base station SR Polyus.] SHLIG.464344.005 РЭ. 33 p. (In Russ.) URL: <http://www.meteo-radiy.ru/katalog/dokumentatsiya> (Accessed 28 November 2024).
11. Banakh V.A., Falits A.V., Sherstobitov A.M., Smalikhov I.N., Sukharev A.A., Gordeev E.V., Zaloznaya I.V. On estimation of the turbulent mixing layer altitude from the altitude-time distributions of the richardson number. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2023. Vol. 36. No. 1. Pp. 30–40. DOI 10.1134/S1024856023020033

Метеорология

Федурин Е. Ю., Калинин Н. А.

12. Banta R. M., Pichugina Y. L., Newsom R. K. Relationship between Low-Level Jet Properties and Turbulence Kinetic Energy in the Nocturnal Stable Boundary Layer. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2003, vol. 60, iss. 20, pp. 2549–2555. DOI 10.1175/1520-0469(2003)060<2549:RBLJPA>2.0.CO;2
13. Bonin T. A., Carroll B. J., Hardesty R. M., Brewer W. A., Hajny K., Salmon O. E., Shepson P. B. Doppler lidar observation of the mixing height in Indianapolis using an automated composite fuzzy logic approach. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2018, vol. 35, no. 3, pp. 915–935.
14. Dewan E. M. Stratospheric wave spectra resembling turbulence. *Science*, 1979, vol. 204, pp. 832–835.
15. Duck T. J., Whiteway J. A. The spectrum of waves and turbulence at the tropopause. *Geophysical research letters*. 2005, vol. 32, iss. 7. DOI: 10.1029/2004GL021189
16. Kurbatskii A. F., Kurbatskaya L. I. Modeling of the vertical structure of the nocturnal boundary layer over a rough surface. *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2009, vol. 22, no. 2. Pp. 1–7. DOI: 10.1134/S1024856009020067
17. Robert J. Kurzeja, Monique Y. Leclerc, Henrique F. Duarte, Gengsheng Zhang, Matthew J. Parker, David W. Werth, Steven R. Chiswell, And Robert L. Buckley. Turbulence and Diffusion on Weakly Stable and Stable Nights near a 300 m Tower in a Complex Landscape. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2023, vol. 80, iss. 1, pp 211–233. DOI: 10.1175/JAS-D-21-0268.1

Статья поступила в редакцию: 19.08.25, одобрена после рецензирования: 19.09.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 19 August 2025; approved after review: 19 September 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Егор Юрьевич Федурин

Аспирант кафедры метеорологии и охраны атмосферы,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: egor.fedurin@gmail.com

Николай Александрович Калинин

Доктор географических наук, профессор, заведующий
кафедрой метеорологии и охраны атмосферы,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: kalinin@psu.ru

Information about the authors

Yegor Yu. Fedurin

Postgraduate Student,
Department of Meteorology and Atmospheric Protection,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Nikolay A. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Head of the Department of Meteorology and
Atmospheric Protection,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Вклад авторов

Федурин Е. Ю. – сбор, систематизация и обработка материала, проведение расчетов, анализ полученных данных, подготовка рисунков, написание статьи.

Калинин Н. А. – идея статьи, постановка задачи исследования, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Yegor Yu. Fedurin – material collection, systematization, and processing; calculations; analysis of the data obtained; preparation of the figures; writing of the article.

Nikolay A. Kalinin – the idea; statement of the research problem; scientific editing.

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

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 551.583; 632.35A/Z

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159

EDN: GLLRSG

ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ,
ЗАРАСТАЮЩИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ, НА СЕВЕРЕ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯЕкатерина Александровна Богдан¹, Ирик Юлаевич Сайфуллин², Ильдар Радикович Вильданов³,
Лариса Николаевна Белан⁴, Ирэн Ольвертовна Туктарова⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия^{1, 2, 3, 4} Уфимский университет науки и технологий, г.Уфа, Россия¹ eavolkova@bk.ru, ORCID: 0000-0003-0566-2639, Scopus Author ID: 57807449000, ResearcherID: ACM-8732-2022,

eLibrary Author ID: 852130

² irekle@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2017-6516, Scopus Author ID: 57209511295, eLibrary Author ID: 755910³ ildar.vildanov.89@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6312-3241, Scopus Author ID: 57216977338, ResearcherID: CAF-2808-2022,

eLibrary Author ID: 745532

⁴ Belan77767@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3098-7881, Scopus Author ID: 56671294600, ResearcherID: AAD-2968-2022,

eLibrary Author ID: 271885

⁵ umrko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4731-1394, Scopus Author ID: 57510137900, ResearcherID: H-6747-2017,

eLibrary Author ID: 455079

Аннотация. Во всем мире наблюдается увеличение площадей залежных земель, которые со временем покрываются древесной растительностью.

В Республике Башкортостан имеются значительные территории залежных земель. В работе проанализирована территория, соответствующая 29 муниципальным районам Республики Башкортостан, расположенным на севере Башкирского Предуралья. С помощью дистанционного зондирования выявлены участки, зарастающие сосной (*Pinus sylvestris* L.) и березой (*Betula pendula* Roth.). Для анализа использовался нормализованный дифференцированный вегетационный индекс (NDVI), рассчитанный на базе изображений Sentinel-2. Для верификации данных дистанционного зондирования были проведены обследования 35 пробных площадей.

Общая площадь зарастания залежных земель на севере Башкирского Предуралья составляет 219 тыс. га, что означает 3,75 % от всей исследованной территории. При этом площади сосновых и березовых насаждений примерно равны – 1,95 % и 1,80 % соответственно. Большое зарастание характерно для районов, отличающихся холмистым и горным рельефом.

Отмечена тенденция влияния сельскохозяйственного освоения территории на долю залежных земель, зарастающих лесом. С увеличением сельскохозяйственного освоения наблюдается снижение зарастания древесной растительностью ($r = -0,52$). Также отмечено влияние на распространение сосновых и березовых насаждений таких факторов, как структура государственного лесного фонда и особенности образования семян и всходов древесных пород. Кроме того, в Башкирском Предуралье для сосновых насаждений особое значение имеет охрана реликтовых сосняков и старовозрастных лесов.

Ключевые слова: засоление, хлорид натрия, почва, фитотестирование, фитотоксичность залежные земли, сосна, береза, зарастание, изменение климата, Башкирское Предуралье

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на тему «Оценка объемов эмиссии и поглощения парниковых газов репрезентативными типами экосистем на участках Евразийского карбонового полигона и поиск оптимальных технологических решений для декарбонизации Республики Башкортостан на 2024–2026 годы» (Номер для публикации FEUR-2024-0007).

Для цитирования: Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О. Дистанционная оценка площади залежных земель, зарастающих древесной растительностью, на севере Башкирского Предуралья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 145–159. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159 EDN GLLRSG



ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159

EDN: GLLRSG

REMOTE ASSESSMENT OF THE AREA OF FALLOW LANDS OVERGROWN WITH WOODY VEGETATION IN THE NORTH BASHKIR CIS-URALS

Ekaterina A. Bogdan¹, Irik Yu. Sayfullin², Ildar R. Vildanov³, Larisa N. Belan⁴, Iren O. Tuktarova⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia^{1, 2, 3, 4} Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia¹ eavolkova@bk.ru, ORCID: 0000-0003-0566-2639, Scopus Author ID: 57807449000, ResearcherID: ACM-8732-2022, eLibrary Author ID: 852130² irekle@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2017-6516, Scopus Author ID: 57209511295, eLibrary Author ID: 755910³ ildar.vildanov.89@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6312-3241, Scopus Author ID: 57216977338, ResearcherID: CAF-2808-2022, eLibrary Author ID: 745532⁴ Belan77767@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3098-7881, Scopus Author ID: 56671294600, ResearcherID: AAD-2968-2022, eLibrary Author ID: 271885⁵ umrko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4731-1394, Scopus Author ID: 57510137900, ResearcherID: H-6747-2017, eLibrary Author ID: 455079

Abstract. All over the world, there is noted an increase in the area of fallow lands, which naturally become covered with woody vegetation over time.

The Republic of Bashkortostan has significant areas of fallow lands. The paper analyzes the territory of 29 municipal districts of the republic, located in the north of the Bashkir Urals. Remote sensing has revealed areas overgrown with pine (*Pinus sylvestris* L.) and birch (*Betula pendula* Roth.). The normalized differentiated vegetation index (NDVI) calculated on the basis of Sentinel-2 images was used for the analysis. 35 test sites were surveyed to verify the remote sensing data.

The total area of overgrown fallow lands in the north of the Bashkir Urals is 219 thousand hectares, which is 3.75 % of the total studied territory. The areas of pine and birch plantations are approximately equal and amount to 1.95 % and 1.80 %, respectively. Large overgrowth is typical for areas characterized by hilly and mountainous terrain.

The study has noted a tendency for the agricultural development of the territory to affect the proportion of fallow lands overgrown with forest. With an expanding agricultural development, there is noted a decrease in the overgrowth with woody vegetation ($r = -0.52$). Factors such as the structure of the state forest fund and the peculiarities of seed formation and germination of tree species also influence the spread of pine and birch plantations. Of particular importance for pine plantations in the Bashkir Urals is the protection of relict pine forests and old-growth forests.

Keywords: fallow lands, pine, birch, overgrowth, climate change, Bashkir Cis-Urals

Funding. This research was performed within the state assignment framework of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Assessment of greenhouse gas balance in the Eurasian carbon polygon with the aim to develop technologies to increase carbon stocks by ecosystems of the Republic of Bashkortostan for 2024–2026» (Publication number: FEUR-2024-0007)".

For citation: Bogdan E. A., Sayfullin I. Yu., Vildanov I. R., Belan L. N., Tuktarova I. O. Remote assessment of the area of fallow lands overgrown with woody vegetation in the north Bashkir Cis-Urals. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 145–159. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159 EDN: GLLRSG

Введение

Развитие современных агротехнологий и трансформация социально-экономических систем привели к глобальному уменьшению площади используемых сельскохозяйственных земель и увеличению доли залежей.

По данным [36], в период с 1700 по 1992 год во всем мире было заброшено около 150 млн га сельскохозяйственных земель. Лидерами по увеличению площади залежных земель в XX в. стали СССР и страны Южной Азии [31].

В России, по разным оценкам, площадь заброшенных сельскохозяйственных угодий составляет от 4,9 млн га [6] до 21,6 [21] – 45 млн га [16; 29]. Многие регионы России также отличаются наличием значительных площадей постагрогенных земель: Красноярский край – от 123,5 [6] до 222 тыс. га [15], Республика Хакасия – 22,4 тыс. га, Республика Тыва – 31,2 тыс. га [9].

Для таких земель отмечается массовое зарастание древесной растительностью. В Республике Бурятия методом анализа спутниковых снимков выявлено 15,2 тыс. га залежных земель, заросших лесом [10].

Образованные в результате зарастания лесные экосистемы имеют высокий потенциал к поглощению атмосферного углерода – от 3,1 [35] до 30 г С м²/год [33]. По данным [20], постагрогенные земли отличаются высоким потенциалом аккумуляции почвенного углерода. Максимальные значения накопления углерода в почве наблюдается в центральных областях европейской части России, на юге Восточной Сибири и Дальнем Востоке.

Таким образом, подобные территории могут быть использованы в качестве лесоклиматических проектов [14; 21]. Определение местонахождения и площадей залежных земель, зарастающих лесной растительностью, является крайне актуальной задачей.

Цель настоящего исследования – оценка площадей и особенностей зарастания лесной растительностью бывших сельскохозяйственных земель севера Башкирского Предуралья.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования отобрано 29 муниципальных районов, расположенных на севере Республики Башкортостан (рис. 1). В соответствии с физико-географическим районированием данная территория включает лесостепную (западная область), лесную (центральная область) и частично горнолесную зону (восточная область) [27].

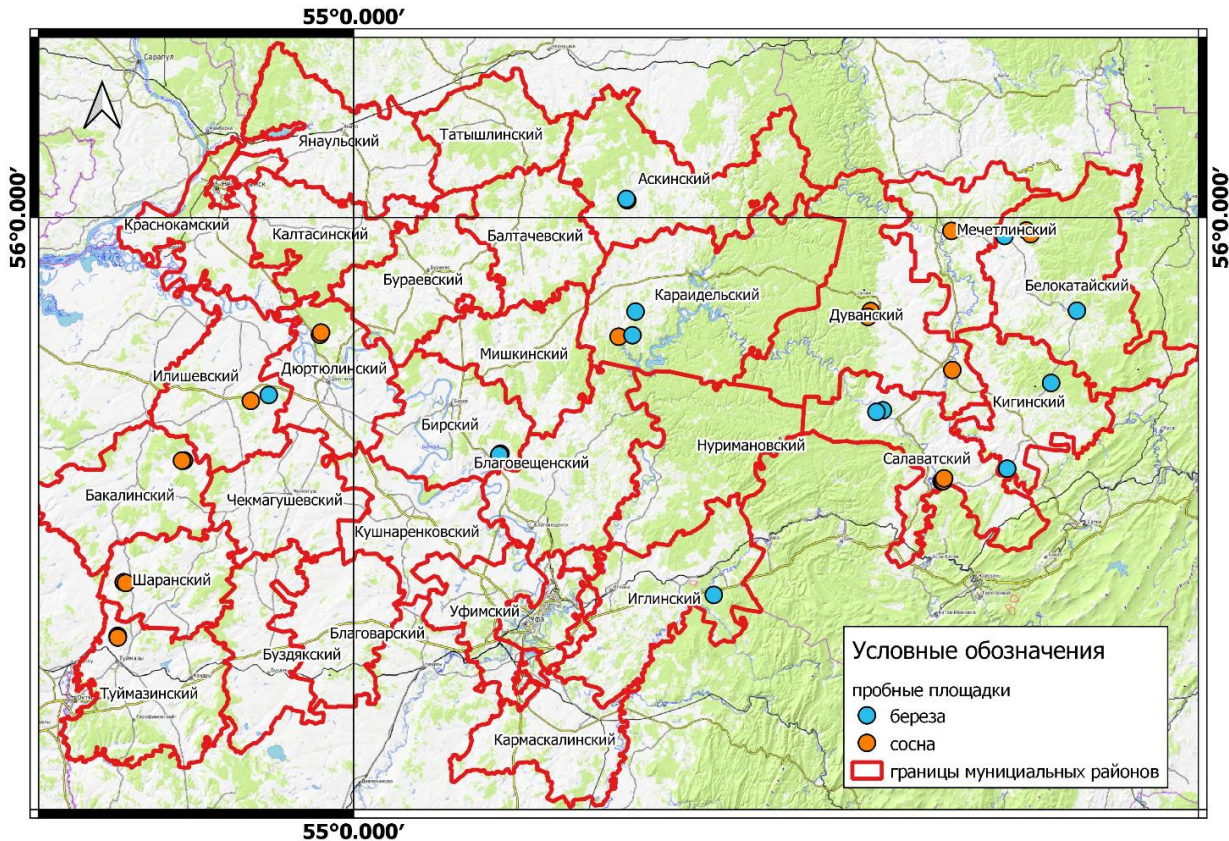


Рис. 1. Месторасположение объекта исследования

Fig. 1. Location of the research object

Рельеф исследуемой территории равнинный, за исключением небольших участков в Салаватском, Кигинском, Белокаитайском и Нуримановском районах. Высота от 60 до 300 м, за исключением Салаватского и Белокаитайского районов, поскольку там имеются участки с высотой более 500 м [2].

Климат умеренно континентальный. Средняя годовая температура – от 0 до 3,5°C. Средняя температура января – от –14 до –16,5 °С, июля – от 16 до 19 °С. Среднее количество осадков в западной и восточной части исследуемой территории – 350–550 мм в год, в центральной части – 600–700 мм в год [2].

Почвенный покров региона отличается значительным разнообразием. Преобладающими типами почв являются среднетяжелые, средне- и тяжелосуглинистые: серые лесные, дерново-лесные, дерново-карбонатные и темно-серые лесные почвы [2; 27].

В Башкирском Предуралье распространены вторичные березово-осиновые леса, встречаются смешанные и широколиственные леса – остатки массивов, которые произрастали здесь ранее [19].

Согласно лесному плану Республики Башкортостан [13], основными лесобразующими породами являются береза, липа, сосна и осина, занимающие соответственно 20, 17, 12 и 11 % соответственно от общей площади лесов. Настоящее исследование, а также работы других научных коллективов [28] демонстрируют, что процесс зарастания залежных земель в Республике Башкортостан преимущественно осуществляется за счет двух видов древесных растений: березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Данное явление обусловлено следующими факторами:

1. Засевание залежных территорий происходит как из естественных лесных массивов, так и из защитных лесополос, в которых доминируют сосна и береза.

Экология и природопользование

Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О.

2. Береза демонстрирует высокую конкурентоспособность по сравнению с другими древесными породами благодаря ежегодному интенсивному семеношению, широкому распространению семян и высокой всхожести.

3. В северных районах Башкирского Предуралья, таких как Дюртюлинский, Калтасинский, Краснокамский и Янаульский, значительные площади заняты корневыми сосновыми лесами [3].

Дистанционное выявление лесных массивов, сформировавшихся на бывших сельскохозяйственных угодьях, осуществлялось с применением космических мультиспектральных изображений Sentinel 2, а также высокодетальных оптических снимков с пространственным разрешением до 1 метра, доступных на платформах Google и Yandex.

Для верификации данных дистанционного зондирования были использованы результаты полевых исследований, проведенных в 2024 году, в рамках которых осуществлялась точная фиксация лесных насаждений, произрастающих на залежных землях, а также их породного состава (табл. 1). Возраст древостоя был определен дендрохронологическим методом (табл. 1). Результаты дендрохронологических исследований подтверждены анализом разновременных оптических снимков, размещенных на ресурсе Google Earth, где наглядно наблюдается появление и рост древостоя. Всего было обследовано 35 пробных участков, расположенных в северной части Башкирского Предуралья (рис. 1).

Таблица 1
Table 1Характеристика пробных площадей
Characteristics of research areas

№ участка	Местоположение	Порода	Средний возраст древостоя, лет
1	Аскинский р-н, п. Аскино	береза	10
2	Аскинский р-н, п. Аскино	береза	20
3	Бакалинский р-н, д. Новые Маты	сосна	11
4	Бакалинский р-н, д. Новые Маты	сосна	20
5	Белокатайский р-н, с. Емаши	береза	24
6	Белокатайский р-н, с. Карлыханово	сосна	15
7	Белокатайский р-н, с. Карлыханово	сосна	5
8	Белокатайский р-н, с. Новобелокатай	береза	24
9	Бирский р-н, с. Зуево	береза	20
10	Бирский р-н, с. Зуево	береза	17
11	Дуванский р-н, с. Дуван	сосна	18
12	Дуванский р-н, с. Дуван	сосна	12
13	Дуванский р-н, с. Месягутово	сосна	7
14	Дюртюлинский р-н, д. Ангасяк	сосна	12
15	Дюртюлинский р-н, д. Ангасяк	сосна	12
16	Иглинский р-н, с. Улу-Карамалы	береза	20
17	Илишевский р-н, д. Кызыл-Байрак	береза	26
18	Илишевский р-н, д. Каенлык	сосна	15
19	Караидельский р-н, д. Урюш-Битулино	береза	25
20	Караидельский р-н., д. Красный Урюш	сосна	18
21	Караидельский р-н, д. Сулейманово	береза	26
22	Кигинский р-н, с. Кисеик	береза	15
23	Кигинский р-н, с. Еландино	береза	25
24	Мечетлинский р-н, п. Большеустиновское	сосна	10
25	Салаватский р-н, с. Куселярово	береза	22
26	Салаватский р-н, с. Куселярово	береза	22
27	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	25
28	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	22
29	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	18
30	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	5
31	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	20
32	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	20
33	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	13
34	Шаранский р-н, с. Зириклы	сосна	6
35	Шаранский р-н, с. Зириклы	сосна	До 5

Для выделения границ сельскохозяйственных угодий, подвергающихся естественному зарастанию древесной растительностью, была осуществлена предварительная обработка спутниковых снимков Sentinel 2, сделанных 09 декабря 2023 г. Разновременные снимки не использовались, так как состояние атмосферы оказывает сильное влияние на значение NDVI (normalized difference vegetation index – нормализованный разностной вегетационный индекс). В рамках обработки проведены атмосферная коррекция, склеивание и обрезка снимков по контуру административного района.

В геоинформационной системе Q-GIS путем применения операций пространственного анализа из слоя спутниковых данных были исключены следующие территории, не подлежащие учету при определении ареалов лесовосстановления:

1. Лесные земли;
2. Территории населенных пунктов;
3. Водные объекты (для водных артерий шириной до 100 м применялась буферизация, для водоемов – до 200 м);
4. Транспортные пути (для автомобильных дорог шириной до 10 м использовались буферные зоны).

Контуры исключенных территорий (населенные пункты, дороги, водные объекты) были получены из архивов базы векторных данных NextGIS (<https://data.nextgis.com/ru/region/RU-BA/base/>). Лесные земли исключены по контурам квартальной сети лесничеств, имеющейся в архивах авторов. Эти данные совпадают с официальной лесной картой – <https://map.fgislk.gov.ru/map/>.

Таким образом, оставшиеся земли относятся к настоящим и бывшим сельскохозяйственным угодьям: пастбищам, пашням и сенокосам.

Для идентификации древесных пород на зарастающих сельскохозяйственных землях был выполнен анализ летних и зимних спутниковых снимков с расчетом NDVI. Расчет NDVI в зимний период позволил дифференцировать участки с березовым и сосновым древостоем, поскольку сосна является вечнозеленой породой и имеет высокие значения NDVI в зимний период, особенно в начале зимы, когда снежный покров еще минимален. Пороговые значения NDVI, по результатам полевых исследований, для различения древесных пород составили: для сосны – более 0,159, для березы – в диапазоне 0,159–0,010 (рис. 2).

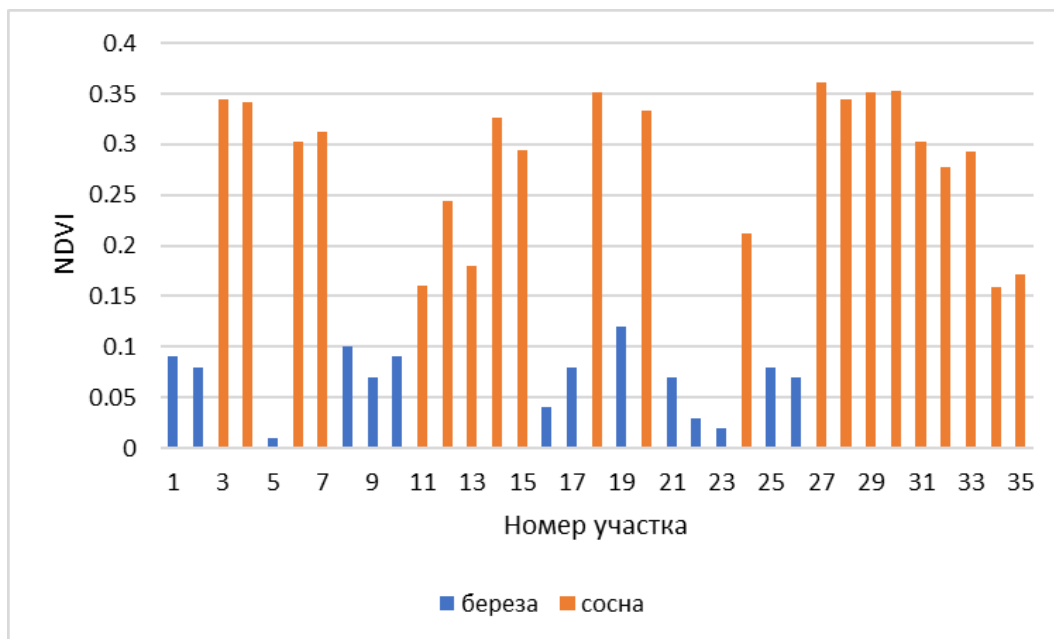


Рис. 2. Среднее значение NDVI в зимний период для березового и соснового древостоев

Fig. 2. The average NDVI values in winter for birch and pine stands

Результаты верификации данных, полученные в ходе полевых исследований, представлены на рис. 2. На основании анализа и сопоставления значений NDVI с ортофотопланами и данными полевых обследований были определены границы ареалов распространения различных типов древесных насаждений (рис. 3).

При наличии смешанного древостоя в качестве доминирующей породы для определения классификации породы выбиралась преобладающая порода ближайшего участка государственного лесного фонда, учитывая естественное распространение древостоя.

Алгоритм проведения работ по определению площади зарастающих участков с выделением сосновых и березовых пород включал следующие этапы:

1. Подготовка космического снимка Sentinel-2 (зимний снимок) для векторизации в программе QGIS. Были использованы каналы 4 и 8 Sentinel-2. При необходимости осуществлялась обрезка растрового слоя по границе административного района, а также объединение соседних снимков и проведение цветокоррекции.

2. Расчет индекса NDVI в калькуляторе растров по формуле 1

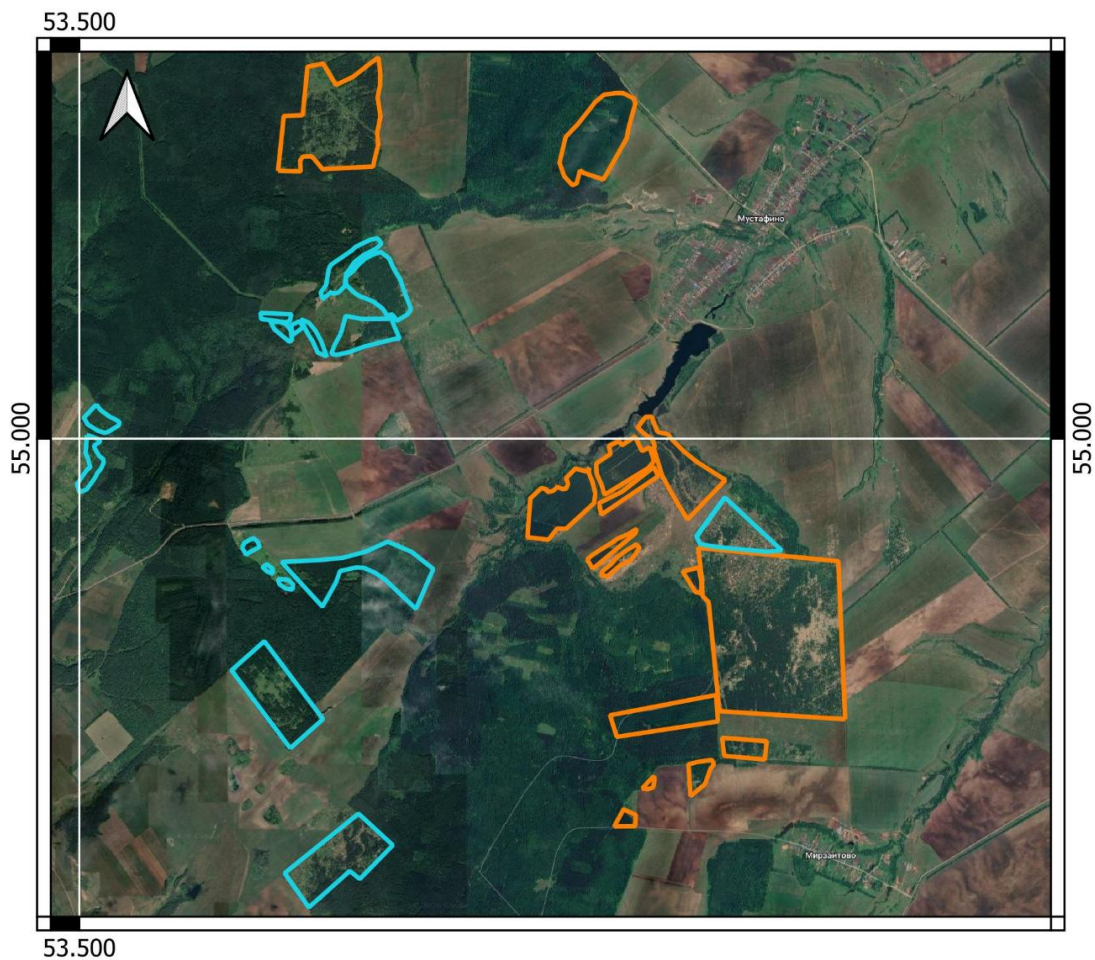
$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED), \quad (1)$$

где NIR – ближний инфракрасный канал – b 8 Sentinel 2, RED – красный канал – b 4 Sentinel 2.

3. Векторизация слоя NDVI с использованием модуля SAGA GIS (vector<-> raster – vectorizing grid classes).

4. Обрезка полученного слоя по области исследования, исключая территории, не относящиеся к определению ареалов лесовосстановления.

5. Сегментация участков, соответствующих березе (NDVI в диапазоне от 0,010 до 0,159) и сосне (NDVI более 0,159).



Условные обозначения

порода деревьев

береза

сосна

Рис. 3. Участки с разным породным составом

Fig. 3 Sites with different types of trees

Экология и природопользование

Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О.

Результаты исследования

Оцифрованы границы сосновых и березовых древостоев залежных земель севера Башкирского Предуралья. Ниже приведены определённые площади по муниципальным районам (табл. 2).

Всего в настоящее время площадь зарастания залежных земель на севере Башкирского Предуралья составляет 219 тыс. га, что составляет 3,75 % от всей исследуемой территории. При этом площадь сосновых и березовых насаждений примерно одинаковая и равняется 1,95 и 1,80 % соответственно.

Таблица 2

Table 2

Площади участков лесовосстановления на бывших сельскохозяйственных угодьях, в гектарах
The area of reforestation sites on fallow lands, hectares

№ п/п	Муниципальные районы	Порода	
		береза	сосна
1	Аскинский	5814	6289
2	Бакалинский	1508	6289
3	Балтачевский	4128	2238
4	Белокатайский	6459	8161
5	Бирский	1682	3204
6	Благоварский	459	5089
7	Благовещенский	8680	9411
8	Буздякский	216	258
9	Бураевский	1949	4628
10	Дуванский	663	3798
11	Дюртюлинский	360	1513
12	Иглинский	6712	2548
13	Илишевский	263	918
14	Калтасинский	1798	5744
15	Караидельский	15919	15014
16	Кармаскалинский	209	52
17	Кигинский	4903	5711
18	Краснокамский	832	1861
19	Кушнаренковский	2912	3860
20	Мечетлинский	337	5990
21	Мишкинский	8930	4530
22	Нуримановский	1050	289
23	Салаватский	21355	8822
24	Татышлинский	236	80.0
25	Туймазинский	689	709
26	Уфимский	1287	615
27	Чекмагушевский	219	242
28	Шаранский	1341	1777
29	Янаульский	4065	5404
Итого		104968	114854

Вместе с тем зарастание по муниципальным районам происходит неоднородно (рис. 4). Наибольшие площади, занятые залежными землями, зарастающими лесом, характерны для центральной и восточной частей исследуемой территории. В то же время при оценке доли территорий, на которых наблюдается лесовосстановление на постагрогенных землях, в общей площади муниципального района лидирующую позицию занимает Салаватский район, где данный показатель составляет 13,9 %.

Наибольшее зарастание сосной характерно для Благовещенского, Караидельского, Балтачевского, Белокатайского, Салаватского и Бакалинского районов как в абсолютном значении площадей, так и в доле от общей площади муниципального района (рис. 5).

Распределение площадей залежных земель, подвергшихся зарастанию березой, характеризуется неравномерностью. Наибольшие площади зафиксированы в Краснокамском и Салаватском районах. По доле от общей площади сельскохозяйственных угодий Салаватский район занимает лидирующую позицию (рис. 6).

Экология и природопользование

Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О.

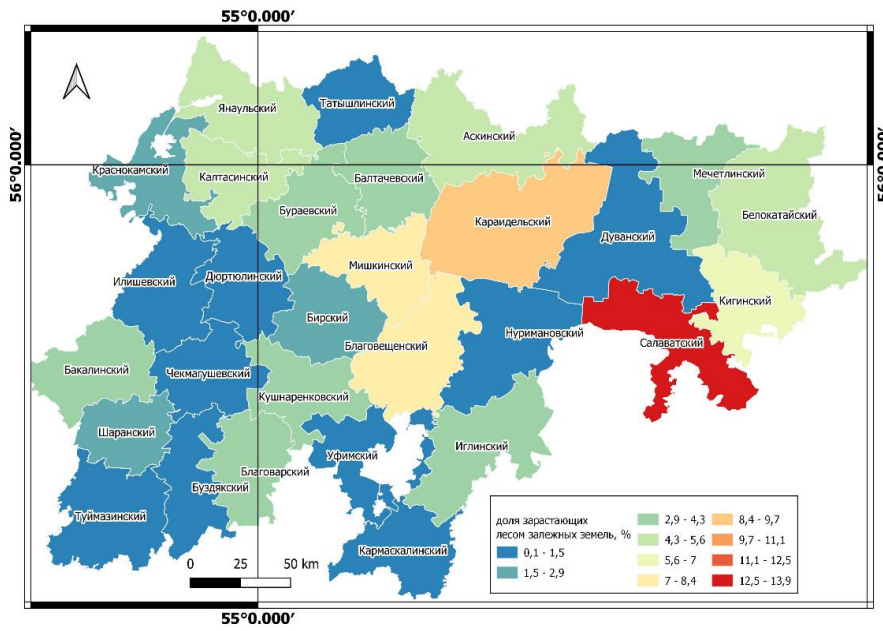


Рис. 4. Распределение доли площади зарастающих лесом залежных земель от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
 Fig. 4. Distribution of the share of overgrown fallow lands in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

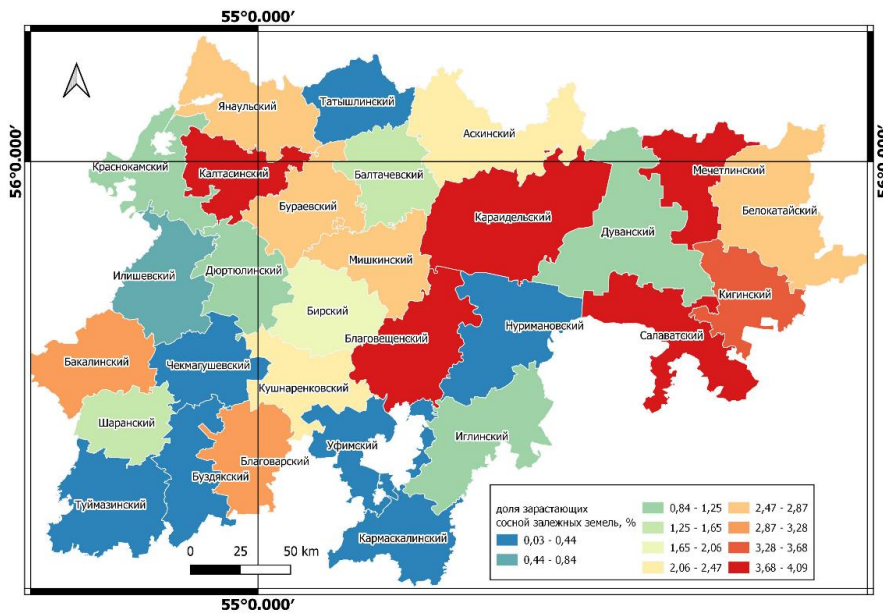


Рис. 5. Распределение доли площади зарастающих сосной залежных земель от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
 Fig. 5. Distribution of the share of fallow lands overgrown with pine in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

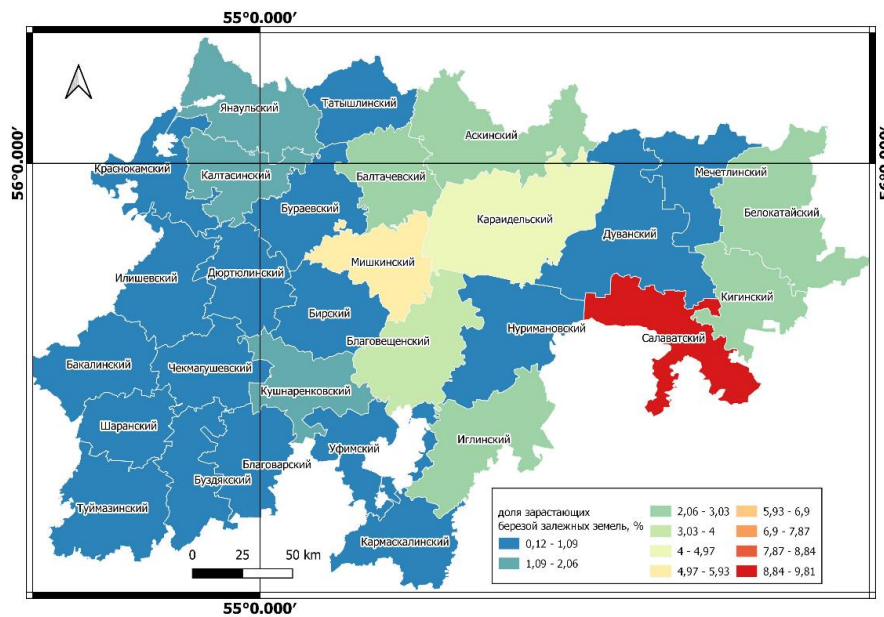


Рис. 6. Распределение доли площади зарастающих березой залежных земель от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
 Fig. 6. Distribution of the share of birch-overgrown fallow lands in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

Обсуждение

Дистанционное определение зарастающих залежных земель. Для выявления процесса естественного лесовосстановления на заброшенных сельскохозяйственных угодьях используются спутниковые данные, полученные с помощью сенсоров Landsat OLI, Sentinel-2 MSI и MODIS [12; 23; 24; 32]. Различия в видовом составе больше были выражены в рамках применения Landsat OLI [25]. В то же время распределение заброшенных земель по степени лесного покрова в различных физико-географических подзонах наиболее четко проявляется на гистограммах коэффициентов отражения в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR), полученных с помощью Sentinel-2.

Согласно результатам исследования [22], наиболее сильная корреляция между показателями лесного покрова и данными спутниковых сенсоров наблюдается в красном диапазоне (полоса 4) и в коротковолновом инфракрасном спектре (полосы 11 и 12) Sentinel-2 для всех типов постагрогенных ландшафтов. В указанных спектральных диапазонах также были выявлены статистически значимые различия между теми или иными градациями лесного покрова на постагрогенных территориях. Установленные закономерности позволяют использовать коэффициенты отражения в красном диапазоне (полоса 4) и коротковолновом инфракрасном спектре (полосы 11 и 12) для оценки состояния лесного покрова на постагрогенных участках.

Была также отмечена высокая эффективность применения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), полученного по снимкам, снятым в зимний период, для мониторинга зарастания залежных земель [32], особенно в случае с хвойными породами. Залежи с хвойными насаждениями демонстрируют наибольшую интенсивность межгодовых колебаний значений NDVI.

Таким образом, на основании данных наших и других исследований можно сделать вывод о том, что нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) является эффективным инструментом для достоверного определения породного состава древостоя.

Особенности зарастания залежных земель. Результаты исследования демонстрируют два основных момента: 1. особенности распределения площади и доли зарастания залежных земель в Башкирском Предуралье; 2. особенности зарастания березой. Несомненно, что площади зарастания связаны с количеством сельскохозяйственных земель, использование которых прекращено. По данным, представленным в статье [11], площадь пахотных земель с 1990 по 2010 гг. в Республике Башкортостан снизилась с 4849,2 тыс. га до 3631,9 тыс. га – т.е. на 25 %.

Исследования, проведенные в отдельных районах республики, также демонстрируют снижение площади пашни. Так, в Мишкинском районе на исследуемом участке отмечено снижение площади пашни с 1985 по 2020 г. на 72 % [26]. В исследовании [8] представлены показатели снижения площади пахотных земель с 1990 по 2017 год для некоторых районов республики. В частности, в Бакалинском районе произошло снижение на 26,8 %; Буздякском – 8 %, Илишевском – 5 %, Кушнаренковском – 10 %, Чекмагушевском – 6 % и пр.

Показательным было сравнение данных сельскохозяйственной микропереписи [17] Республики Башкортостан и результатов наших исследований (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Площади и структура сельскохозяйственных земель по муниципальным районам
(по данным сельскохозяйственной микропереписи, 2021 [17])
The area and structure of agricultural lands by municipal districts
(according to agricultural micro-census data, 2021 [17])

№, п/п	Муниципальный район	Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения	Общая посевная площадь	Доля посевной площади, %	Доля зарастающих лесом залежных земель
1.	Аскинский	38294,60	3762,00	9,82	31,60
2.	Бакалинский	138870,40	38295,00	27,60	5,62
3.	Балтачевский	72077,00	30689,00	42,60	8,80
4.	Белокатайский	48985,10	10087,00	20,60	29,80
5.	Бирский	73357,00	20614,70	28,10	6,66
6.	Благоварский	159852,40	66158,00	41,40	3,47
7.	Благовещенский	123984,10	25033,00	20,20	14,60
8.	Буздякский	106782,80	35529,00	33,30	0,44
9.	Бураевский	94726,30	20372,00	21,50	6,90
10.	Дуванский	91044,80	40548,00	44,50	4,90
11.	Дюртюлинский	108455,90	52343,00	48,30	1,73
12.	Иглинский	40801,30	9325,00	22,90	22,70
13.	Илишевский	219798,10	63718,00	29,00	0,54
14.	Калтасинский	50756,50	12519,00	24,70	14,90
15.	Караидельский	66410,00	14218,00	21,40	46,60
16.	Кармаскалинский	169412,90	49655,00	29,30	0,15
17.	Кигинский	85281,90	10103,00	11,80	12,40
18.	Краснокамский	82230,90	20389,00	24,80	3,27
19.	Кушнаренковский	91740,80	37587,00	41,00	7,38
20.	Мечетлинский	52974,10	18446,00	34,80	11,90
21.	Мишкинский	31088,70	5626,00	18,10	43,30
22.	Нуримановский	39891,10	9163,50	23,00	3,36
23.	Салаватский	45851,30	6576,00	14,30	65,80
24.	Татышлинский	68933,30	43455,00	63,00	0,46
25.	Туймазинский	152956,90	49427,80	32,30	0,91
26.	Уфимский	105572,00	33607,00	31,80	1,80
27.	Чекмагушевский	250468,30	73611,00	29,40	0,18
28.	Шаранский	59100,90	9743,00	16,50	5,28
29.	Янаульский	141399,90	35003,00	24,80	6,70

На основании данных, представленных в табл. 3, наблюдается следующая закономерность: при увеличении доли посевных площадей происходит снижение доли залежных земель, подверженных зарастанию лесными насаждениями, и наоборот. Коэффициент корреляции Пирсона (r) составляет $-0,52$, что указывает на наличие умеренной обратной зависимости между этими показателями.

Таким образом, преобладание залежных земель, зарастающих лесными насаждениями, в Салаватском и Караидельском районах может быть обусловлено спецификой сельскохозяйственного освоения данных территорий.

В целом литературные и фондовые данные свидетельствуют о значительных площадях залежных земель в Республике Башкортостан. Вместе с тем официальные данные и результаты исследований различаются. В соответствии с данными сельскохозяйственной микропереписи Республики Башкортостан 2021 г. [29] общая площадь залежных земель составляет 116 тыс. га, в то время как наши результаты показали 219 тыс. га только заросших лесом бывших пашен по северу Башкирского Предуралья. Онлайн-ресурс «Карта неиспользуемых сельхозземель» (составлено на основании анализа данных изображений спутника Landsat) [30] выделяет Республику Башкортостан как регион-лидер по площади неиспользуемых сельскохозяйственных земель с общей площадью более 4 млн га, из которых 944 тыс. га покрыто лесом. На наш взгляд, данная оценка весьма завышена. В расчетах не исключены водоохранные зоны рек, дороги и в некоторых случаях естественные степные участки. Также на базе космических снимков Landsat проведена классификация поверхности Земли в работе [31]. Отличие от полученных нами результатов заключается в меньшем пространственном разрешении (у снимков Landsat – 30 м, у снимков Sentinel – 10 м), отсутствии верификации результатов по полевым данным в регионе исследования и отсутствию разделения контуров по преобладающей породе.

Полевое исследование, проведенное для Караидельского, Аскинского, Мишкинского, Иглинского районов, показывает массовое зарастание березой [18]. В соответствии с таблицей 2 береза действительно преобладает в Мишкинском и Иглинском районах, а вот в Караидельском и Аскинском районах соотношение

березы и сосны примерно одинаковое. Такое различие объясняется особенностями локализации площадок для геоботанических исследований.

Береза является видом, доминирующим в естественном лесовосстановлении на Европейской территории России [32; 33]. Сосна возобновляется при наличии источника обсеменения, и есть мнение, что лучше восстанавливается в таежной зоне России [7; 34]. По нашим наблюдениям, в северной части Башкирского Предуралья заселение сосной залежных земель происходит как за счет участков соснового леса и лесопосадок, так и за счет охраняемых реликтовых лесов и старовозрастных посадок. По данным лесного плана Республики Башкортостан, сосновые леса преобладают среди хвойных лесов и занимают 68,8 % площади хвойных насаждений и 77,1 % их запасов (11,7 % от общей площади лесов и 18,4 % от общего запаса) [17]. В настоящее время на исследуемой территории имеется 20 памятников природы, направленных на сохранение реликтовых сосновых лесов и старовозрастных сосновых посадок [35]. При этом 2 памятника природы расположены в Бакалинском, 2 – в Бирском, 2 – в Дуванском, 2 – в Дюртюлинском, 4 – в Краснокамском, 3 – в Туймазинском районах. Во всех указанных районах площадь постагrogenных земель, занятых сосной, превышает площадь аналогичных березовых древостоев.

В научных исследованиях факторы, оказывающие влияние на процесс зарастания бывших сельскохозяйственных угодий, классифицируются на несколько категорий: ландшафтно-экологические, социальные, экономические и обусловленные научно-техническим прогрессом [4; 15].

Ландшафтно-экологические факторы включают в себя характеристики рельефа, почвенного покрова, климатические условия, уровень антропогенного воздействия, наличие коренных лесных массивов и особо охраняемых природных территорий.

В контексте Башкирского Предуралья отчетливо прослеживается влияние ландшафтных факторов на трансформацию структуры землепользования и последующее зарастание залежных земель. Район, лидирующий по степени зарастания, а именно Салаватский район, характеризуется сложным горным рельефом и бедными серыми лесными почвами, что значительно снижает его агропроизводственный потенциал. В период после экономических реформ 1990-х годов данный регион подвергся значительной дезурбанизации. Присутствие особо охраняемых природных территорий, ориентированных на сохранение реликтовых лесных экосистем, оказывает влияние на формирование породного состава древостоев. Кроме того, физиологические характеристики древесных пород, их устойчивость к внешним факторам и репродуктивные способности также играют ключевую роль в этом процессе.

Ландшафтно-экологические факторы, в свою очередь, оказывают воздействие на экономические аспекты сельскохозяйственного производства. Трудности в обработке земель, обусловленные спецификой ландшафта, приводят к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции и сокращению рентабельности аграрных предприятий. К социальным факторам относятся удаленность от крупных населенных пунктов и рынков сбыта, ограниченная транспортная доступность, а также демографические изменения, включая сокращение численности местного населения.

Анализ территориального распределения процессов зарастания в Башкирском Предуралье демонстрирует, что районы, наиболее близкие к г. Уфе, такие как Кармаскалинский, Буздякский и Чекмагушевский, подвержены зарастанию в наименьшей степени. Научно-технический прогресс способствует переходу от интенсивного к экстенсивному земледелию, что позволяет получать более высокие урожаи с меньших площадей за счет современных агротехнических методов и сельскохозяйственной техники. В результате этого процесса потребность в обширных пахотных угодьях снижается, в то время как площади заброшенных земель, подверженных зарастанию древесной растительностью, увеличиваются.

Заключение

Сопоставление данных камерального анализа и результатов дистанционного зондирования Земли продемонстрировало эффективность применения индекса NDVI для определения доминирующих древесных пород на территориях, ранее использовавшихся в сельскохозяйственных целях и в настоящее время подвергающихся лесовосстановлению.

Общая площадь зарастания территории сосной и березой является сопоставимой и составляет 105 и 115 тыс. гектаров соответственно, что в совокупности эквивалентно 3,75 % от всей исследованной площади.

Береза характеризуется высокой способностью к распространению благодаря биологическим особенностям, таким как семеношение и формирование всходов. Источником распространения сосновых насаждений являются коренные лесные массивы и особо охраняемые природные территории.

Проведенный анализ выявил неравномерность процесса зарастания по территории Башкирского Предуралья. В северных муниципальных районах Башкирского Предуралья наблюдается зарастание древесной растительностью от 0,2 % до 65 % площадей сельскохозяйственного назначения. Наибольшая степень зарастания зафиксирована в районах, удаленных от города Уфы и характеризующихся гористым и холмистым рельефом (Салаватский, Караидельский районы). Установлена отрицательная корреляционная зависимость ($r = -0,52$) между уровнем аграрной деятельности и степенью зарастания бывших сельскохозяйственных земель древесной растительностью, включая березу и сосну. В районах, приближенных к городу Уфе, отмечается более высокая степень сельскохозяйственной освоенности и меньшее зарастание залежных земель древесными породами.

Библиографический список

1. *Архипова М. В.* Изменение лесистости в центре Восточно-Европейской равнины за последние 150 лет // Лесоведение. 2020. № 1. С. 35–45.
2. Атлас Республики Башкортостан / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Абзалов, А. З. Асфандияров [и др.]; гл. ред. И. М. Япаров; Омская картографическая фабрика, Роскартография, Уфа, 2005. 419 с.
3. *Байтурина Р. Р., Габделхаков А. К., Халикова О. В., Рахматуллин З. З., Тимерьянов А. Ш.* Влияние изменений климата на лесные ресурсы Республики Башкортостан // Лесотехнический журнал. 2020. №4 (40). С. 99-109. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/8
4. *Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н.* Заращение земель сельскохозяйственного назначения древесной растительностью: масштабы, причины, пути использования. Обзор // Вопросы лесной науки. 2023. № 3. Статья № 131. DOI: 10.31509/2658-607x-202363-131
5. *Глушков И. В., Лупачик В., Прищепов А. В., Потапов П. В., Пукинская М. Ю., Ярошенко А. Ю., Журавлева И. В.* Картирование заброшенных земель в восточной Европе с помощью спутниковых снимков Landsat и Google Earth Engine // Доклады VII Всероссийской конференции "Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии". Москва, 22-24 апреля 2019 г. Москва: ЦЭПЛ РАН, 2019. С. 35–37
6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году / О. А. Скуфинский, А. И. Бутовецкий Т. А., Громова; Росинформагротех, Москва 2022. 206 с.
7. *Данченко А. М., Трофименко Н. М.* Экология семенного размножения березы. Новосибирск: Наука, 1993. 184 с.
8. *Закиров И. В., Галкин А. В., Пономарева Н. С.* Экономико-географический анализ сельскохозяйственного землепользования в Республике Башкортостан // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. №1. С. 28–42
9. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование / А. В. Базаров, Н. А. Воробьева, Е. Ч. Галабурда [и др.]; гл. ред. К.Э. Лайкам; Федеральная служба гос. статистики. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2018. 308 С.
10. *Калашников К. И., Кулик Е. Н., Коменданова Т. М., Балданов Н. Д.* Ретроспективный анализ лесовозобновления на залежных землях Республики Бурятия по данным дистанционного зондирования земли // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. № 4(183). С. 64-68.
11. *Кузнецова А. Р., Махмутов А. Х.* Агропромышленный комплекс Республики Башкортостан в период с 1990 по 2010 годы // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2024. Т. 50, № 1(113). С. 45–59. DOI: 10.24412/1728-5283-2024-1-45-59
12. *Лежнин С. А., Губаев А. В., Воробьев О. Н., Курбанов Э. А., Дергунов Д. М.* Дистанционный мониторинг зарастания залежей Республики Марий Эл методом анализа главных компонент // Исследования Земли из космоса. 2024. № 2. С. 21–31. DOI: 10.31857/S0205961424020034
13. Лесной план Республики Башкортостан. // сайт. URL: https://forest.bashkortostan.ru/upload/uf/94b/t18j0ae08v0byeub0rbtjjo3tnxhevu/Lesnoy-plan-Respubliki-Bashkortostan-_tekstovaya-chast_.pdf (дата обращения: 12.12.2025).
14. *Наквасина Е. Н., Шумилова Ю. Н.* Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 1. С. 46–59. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59
15. *Новоселова Н. Н., Залесов С. В., Магасумова А. Г.* Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 106 с.
16. *Орлова О. И.* Борьба за землю: восстановление залежных земель // Карельский научный журнал. 2015. № 2 (11). С. 130–133.
17. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник. / отв. ред. З. Н. Асадуллина А. Ф., Валишина Р. Р., Хурамшина; Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан; Уфа, 2022. 298 с.
18. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения / А. А. Мулдашев, Э. П. Позднякова, Л. А. Едрёнкина [и др.]; гл. ред. В.Б. Мартыненко; 3-е изд., перераб. Уфа: Белая река, 2016. 400 с.
19. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. / А. А. Мулдашев, Э. П. Позднякова, Л. А. Едрёнкина [и др.]; гл. ред. Б.М. Миркин; 2-е изд., перераб. и доп. Уфа: МедиаПринт, 2010. 414 с.
20. *Романовская А. А.* Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO₂, N₂O, CH₄) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: автореф. дис. ... докт. биол. наук. / Институт глобального климата и экологии Москва, 2008. 42 с.
21. *Романовская А. А., Гитарский М. Л., Карабань Р. Т., Назаров И. М.* Роль залежных земель России в поглощении диоксида углерода из атмосферы // Проблемы экол. мониторинга и моделирования экосистем. 2005. Т. 20. С. 219–237.
22. *Терехин Э. А.* Анализ спектрально-отражательных свойств залежных земель Среднерусской лесостепи по данным Sentinel-2 // Компьютерная оптика. 2023. Т. 47, № 2. С. 306-313. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-1160
23. *Терехин Э. А.* Особенности многолетней динамики вегетационного индекса залежных земель на территории Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. 2022. № 45. С. 505-515. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-505-515
24. *Терехин Э. А.* Состояние залежных земель и особенности их спектрально-отражательных свойств на территории Среднерусской // Региональные геосистемы. 2022. № 45 С. 356-365. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-356-365
25. *Терехин Э. А.* Сравнительный анализ индикаторов формирования древесной растительности на залежных землях среднерусской лесостепи на основе данных дистанционного зондирования Земли // Исследование Земли из космоса. 2024. №1. С. 29-39. DOI: 10.31857/S0205961424010037
26. *Туктамышев И. Р., Федорова Ю. А., Федоров Н. И., Широких П. С.* Закономерности современного использования заброшенных сельскохозяйственных земель в широколиственно-лесной и лесостепной зонах Республики Башкортостан // Экобиотех. 2022. Т. 5, № 3. С. 152-160. DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-3-152-160
27. Физико-географическое районирование Башкирской АССР / Е. И. Кадыльникова А. А. Цветаев Е. С. Смирнова [и др.]; гл. ред. И. П. Кадыльников. Уфа, 1964. 210 с.
28. *Широких П. С., Федоров Н. И., Туктамышев И. Р., Бикбаев И. Г., Мартыненко В. Б.* Закономерности лесовосстановительных сукцессий на заброшенных сельскохозяйственных землях Башкирского Предуралья // Экология. 2023. № 3. С. 179-187. DOI: 10.31857/S036705972303006X

Экология и природопользование

Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О.

29. Щужин С.В., Голубева А.И., Дорохова В.И., Дугин А.Н. Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 87–98.
30. Юровских Е. В., Залесов С. В., Магасумова А. Г., Бачурина А. В. Густота и надземная фитомасса подроста сосны на бывших сельскохозяйственных угодьях // Аграрный вестник Урала. 2016. № 11(153). С. 80–85
31. Cramer V. A., Hobbs R. J. Old Fields: Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland. Washington, DC: Island Press, 2007. Vol. 101. 334 p.
32. Khunratanasiri W., Amarakul A., Rianthakool L., Hutayanon Th. Above-ground Carbon Storage Estimation of a Reforestation Site at Mae Moh Mine, Lampang Province, Using Sentinel-2 Satellite Data // Thai Journal of Forestry. 2023. № 42(2). Pp. 113–122.
33. Kurganova I. N., Kuddeyarov V. N., Lopes de Gerenyu V. O. Updated estimate of carbon balance on Russian territory // Tellus, 2010, Vol. 62B (5). Pp. 497–505.
34. Liangyun L., Xiao Zh., Tingting Zh.. GLC_FCS30D: the first global 30-m land-cover dynamic monitoring product with fine classification system from 1985 to 2022. 2023 [Data set] / сайт. URL: <https://zenodo.org/records/14891815> (дата обращения 10.02.2026). DOI:10.5281/zenodo.8239305
35. Post W. M., Kwon K. C. (). Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential // Global Change Biology. 2000. № 6. Pp. 317–327.
36. Ramankutty N., Foley J. A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992 // Global Biogeochemical Cycles. Vol. 13. No. 4, Pp. 997–1027. DOI:10.1029/1999gb900046

References

1. Arhipova M. V. Izmenenie lesistosti v centre Vostochno-Evropejskoj ravniny za poslednie 150 let [Changes in forest cover in the center of the Eastern European Plain over the last 150 years]. *Lesovedenie*, 2020, no. 1, pp. 35–45. (In Russ.)
2. Abdrakhmanov R. F., Abzalov R. M., Asfandiyarov A. Z., Baimbetov L. R. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [The atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: «Omskaja kartograficheskaja fabrika», «Roskartografija» (Ufa). 419 p. (In Russ.)
3. Bajturina R. R., Gabdelxakov A. K., Xalikova O. V., Raxmatullin Z. Z., Timer'yanov A. Sh. Impact of climate change on the forest resources of the Republic of Bashkortostan. *Forestry Engineering Journal*, 2020, no 4(40), pp. 99-109. (In Russ.) DOI:10.34220/issn.2222-7962/2020.4/8
4. Gichan D. V., Teben'kova D. N. Woody plants growth on abandoned agricultural lands: scale, causes of abandonment, ways of use. A review. *Forest Science Issues*, 2023, no 3, pp 131, (In Russ.) DOI: 10.31509/2658-607x-202363-131.
5. Glushkov I. V., Lupachik V., Prishhepov A. V., Potapov P. V., Pukinskaja M. Ju., Jaroshenko A. Ju., Zhuravleva I. V. Kartirovanie zabroshennyh zemel' v vostochnoj Evrope s pomoshh'ju sputnikovyh snimkov Landsat i Google Earth Engine [Mapping abandoned lands in Eastern Europe using Landsat and Google Earth Engine satellite imagery]. In *Doklady VII Vserossijskoj konferencii "Ajerokosmicheskie metody i geoinformacionnye tehnologii v lesovedenii, lesnom hozjajstve i jekologii"*, 22-24 aprelya 2019 g. Moscow: CJEP L RAN, 2019, pp. 35-37. (In Russ.)
6. Skufinsky O. A., Butovetsky A. I., Gromova T. A., Martynova E. V. *Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2021 godu* [State (national) report on the state and use of lands in the Russian Federation in 2021]. Moscow.: Rosinformagroteh, 2022. 29 p. (In Russ.)
7. Danchenko A. M., Trofimenko N. M. *Jekologija semennogo razmnozenija breezy* [Ecology of birch seed propagation]. Novosibirsk: Nauka, 1993. 184 p.
8. Zakirov I. V., Galkin A. V., Ponomareva N. S. *Jekonomiko-geograficheskij analiz sel'skohozjajstvennogo zemlepol'zovanija v Respublike Bashkortostan* [Economic and geographical analysis of agricultural land use in the Republic of Bashkortostan]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2020, no 1, pp. 28-42. (In Russ.)
9. Bazarov A. V., Vorobyova N. A., Galaburda E. C., Demina L. V. Itogi Vserossijskoj sel'skohozjajstvennoj perepisi 2016 goda [Results of the All-Russian Agricultural Census of 2016]. Moscow.: IIC «Statistika Rossii», 2018. 308 p. (In Russ.)
10. Kalashnikov K. I., Kulik E. N., Komendanova T. M., Baldanov N. D. Retrospektivnyj analiz lesovozobnovlenija na zaleznyh zemljah Respubliki Burjatija po dannym distancionnogo zondirovanija zemli [A retrospective analysis of reforestation on fallow lands of the Republic of Buryatia based on remote sensing data]. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2020, no 4(183), pp. 64-68. (In Russ.)
11. Kuznecova A. R., Mahmutov A. H. Agricultural complex of the Republic of Bashkortostan in the period from 1990 to 2010. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2024, Vol. 50, no 1(113), pp. 45-59. (In Russ.) DOI: 10.24412/1728-5283-2024-1-45-59
12. Lezhnin S. A., Gubaev A. V., Vorob'ev O. N., Kurbanov Je. A., Dergunov D. M. Remote monitoring of reforestation on the abandoned agricultural lands in the Republic of Mari El using the method of principal component analysis. *Earth observation and remote sensing*, 2024, no 2, pp. 21-31, (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961424020034.
13. *Lesnoj plan Respubliki Bashkortostan* [Forest Plan of the Republic of Bashkortostan]. (In Russ.) URL: https://forest.bashkortostan.ru/upload/uf/94b/t18j0ae08v0byebu0rbtjjo3tnnxhevu/Lesnoj-plan-Respubliki-Bashkortostan-_tekstovaya-chast_.pdf (Accessed: 12 December 2025).
14. Nakvasina E. N., Shumilova Ju. N. Dynamics of carbon stocks in the formation of forests on post-agrogenic lands. *Russian Forestry Journal*, 2021, no 1, pp. 46–59. (In Russ.) DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59
15. Novoselova N. N., Zalesov S. V., Magasumova A. G. *Formirovanie drevesnoj rastitel'nosti na byvshih sel'skohozjajstvennyh ugod'jah* [Formation of woody vegetation on former agricultural lands]. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t, 2016. 106 p. (In Russ.)
16. Orlova O. I. Bor'ba za zemlju: vosstanovlenie zaleznyh zemel' [The struggle for land: restoration of fallow lands]. *Karel'skij nauchnyj zhurnal*, 2015, no 2 (11), pp. 130–133. (In Russ.)
17. *Osnovnye itogi sel'skohozjajstvennoj mikroperpisi 2021 goda. Statisticheskij sbornik*. [The main results of the agricultural micro-census in 2021. Statistical collection]. Ed. by Z. N. Asadullina, A. F. Valishina, R. R. Khuramshina. Ufa. Territorial'nyj organ federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Bashkortostan. 2022. 298 p. (In Russ.)
18. Muldashhev A. A., Pozdnyakova E. P., Edrenkina L. A., Sagitov Sh. Z. *Reestr osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij respublikanskogo znachenija* [Register of specially protected natural territories of republic importance. Issue 3]. Ufa: Belaja reka, 2016. 400 p. (In Russ.)

19. Muldashev A.A., Pozdnyakova E.P., Edrenkina L.A., Sagitov Sh.Z/ Reestr osobo ohranjaemykh prirodnykh territorij Respubliki Bashkortostan [Register of specially protected natural territories of the Republic of Bashkortostan. Issue 2]. Ufa: MediaPrint, 2010. 414 p. (In Russ.)
20. Romanovskaja A.A. *Osnovy monitoringa antropogennykh jemissij i stokov parnikovyh gazov (CO₂, N₂O, CH₄) v zhivotnovodstve, pri sel'skhozajstvennom zemlepol'zovanii i izmenenii zemlepol'zovanija v Rossii* [Fundamentals of monitoring anthropogenic emissions and runoff of greenhouse gases (CO₂, N₂O, CH₄) in animal husbandry, agricultural land use and land-use change in Russia]: Extended abstract of Doct.Sc., dissertation. Institute of Global Climate and Ecology. Moscow, 2008. 42 p. (In Russ.)
21. Romanovskaja A.A., Ginarskij M.L., Karaban' R.T., Nazarov I.M. Rol' zaleznykh zemel' Rossii v pogloshhenii dioksida ugleroda iz atmosfery [The role of Russia's fallow lands in the absorption of carbon dioxide from the atmosphere]. *Problemy jekol. monitoringa i modelirovanija jekosistem*, 2005, Vol. 20, pp. 219–237. (In Russ.)
22. Terehin Je.A. Spectral reflectance analysis of abandoned agricultural lands in the Central Russian forest-steppe using Sentinel-2 satellite data. *Computer Optics*, 2023, Vol. 47, no 2, pp. 306-313. (In Russ.) DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1160
23. Terehin Je.A. Long-term dynamics of the vegetation index for abandoned farmlands in the Central Chernozem Region of Russia. *Regional geosystems*, 2022, no 45, pp. 505-515. (In Russ.) DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-505-515.
24. Terehin Je.A. Parameters of abandoned agricultural lands and their reflectance in the Central Russian forest-steppe. *Regional geosystems*, 2022, no 45 pp. 356-365. (In Russ.) DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-356-365.
25. Terehin Je.A. Comparative analysis of reforestation indicators on abandoned agricultural lands in the Central Russian Forest-Steppe based on remote sensing data. *Earth Research from Space*, 2024, no 1, pp. 29-39. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961424010037
26. Tuktamyshev I.R., Fedorova Ju.A., Fedorov N.I., Shirokih P.S. Patterns of modern use of abandoned agricultural land in broad-leaved forest and forest-steppe zones of the Republic of Bashkortostan. *EcoBioTech*, 2022, Vol. 5, no 3. pp. 152-160. (In Russ.) DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-3-152-160.
27. Kadilnikova E.I., Tsvetaev A.A., Smirnova E.S., Kadilnikov I.P. *Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Bashkirskoj ASSR* [Physical and geographical zoning of the Bashkir ASSR]. Ufa, 1964. 210 p. (In Russ.)
28. Shirokih P.S., Fedorov N.I., Tuktamyshev I.R., Bikbaev I.G., Martynenko V.B. Patterns of Reforestation Successions on Abandoned Agricultural Lands of the Bashkir Cis-Urals. *Russian Journal of Ecology*, 2023, no 3. pp. 179-187. (In Russ.) DOI: 10.31857/S036705972303006X
29. Shhukin S.V., Golubeva A.I., Doroxova V.I., Dugin A.N. Rekomendacii po вовлечению v xozyajstvenny'j oborot neispol'zuemy'x zemel' sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya [Recommendations on the involvement of unused agricultural land in economic turnover]. *Vestnik APK Verxnevolzh'ya*, 2018, no 1 (41), pp. 87–98. (In Russ.)
30. Jurovskih E.V., Zalesov S.V., Magasumova A.G., Bachurina A.V. Gustota i nadzemnaja fitomassa podrosta sosny na byvshih sel'skhozajstvennykh ugod'jah [Density and aboveground phytomass of pine undergrowth on former agricultural lands]. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2016, no 11 (153), pp. 80–85. (In Russ.)
31. Cramer V. A., Hobbs R. J. *Old Fields: Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland*. Washington, DC: Island Press, 2007. Vol. 101. 334 p.
32. Khunrattanasiri W., Amarakul A., Rianthakool L., Hutayanon Th. Above-ground Carbon Storage Estimation of a Reforestation Site at Mae Moh Mine, Lampang Province, Using Sentinel-2 Satellite Data. *Thai Journal of Forestry*. 2023, no 42(2), pp. 113-122
33. Kurganova I.N., Kudeyarov V.N., Lopes de Gerenyu V.O. Updated estimate of carbon balance on Russian territory. *Tellus*. 2010, Vol. 62B (5), pp. 497–505.
34. Liangyun L., Xiao Zh., Tingting Zh.. GLC_FCS30D: the first global 30-m land-cover dynamic monitoring product with fine classification system from 1985 to 2022. 2023 [Data set] URL: <https://zenodo.org/records/14891815>. (Accessed: 10 February 2026). DOI:10.5281/zenodo.8239305
35. Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and landuse change: processes and potential. *Global Change Biology*, 2000, no 6, pp. 317–327.
36. Ramankutty N., Foley J. A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, Vol. 13, no. 4, pp. 997–1027. DOI:10.1029/1999gb900046

Статья поступила в редакцию: 14.05.25, одобрена после рецензирования: 06.03.26, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 14 May 2025; approved after review: 6 March 2026; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Екатерина Александровна Богдан

Кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
Доцент,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Information about the authors

Ekaterina A. Bogdan

Candidate of Economic Sciences,
Leading Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Associate Professor,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: eavolkova@bk.ru

Экология и природопользование

Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О.

Ирик Юлаевич Сайфуллин

Кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Доцент, Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Irik Yu. Sayfullin

Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Associate Professor,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: irekle@mail.ru

Ильдар Радикович Вильданов

Младший научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Старший преподаватель,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Ildar R. Vildanov

Junior Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Senior Lecturer,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: ildar.vildanov.89@mail.ru

Лариса Николаевна Белан

Доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Директор Международного научно-образовательного
центра «Кафедра ЮНЕСКО
«Геопарки и территории устойчивого развития»,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Larisa N. Belan

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Director of the International Scientific and Educational
Center "UNESCO Department of Geoparks and
Territories of Sustainable Development,"
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: Belan77767@mail.ru

Ирэн Ольвертовна Туктарова

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой охраны
окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Iren O. Tuktarova

Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Environmental Protection
and Rational Exploitation of Natural Resources,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia

e-mail: umrko@mail.ru

Вклад авторов

Богдан Е. А. – идея, сбор материала, обработка, анализ и визуализация полученных результатов, написание статьи.
Сайфуллин И. Ю. – идея, разработка методики исследования, обработка данных дистанционного зондирования.

Вильданов И. Р. – идея, разработка методики исследования, обработка данных дистанционного зондирования.

Белан Л. Н. – идея, написание статьи.

Туктарова И. О. – научное редактирование текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ekaterina A. Bogdan – the idea; material collection; processing, analysis, and visualization of field data and remote sensing data; writing of the article.

Irik Yu. Sayfullin – the idea; development of research methodology; processing of remote sensing data.

Ildar R. Vildanov – the idea; development of research methodology; processing of remote sensing data.

Larisa N. Belan – the idea; writing of the article.

Iren O. Tuktarova – scientific editing.

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

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 910.3 (571)

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-160-171

EDN: HGSSOL

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРИРОДОЕМКОСТИ И РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ
В РЕКРЕАЦИОННОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ****Эрдэни Доржиевич Санжеев**

Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, г. Улан-Удэ, Россия

esan@binm.ru, ORCID: 0000-0003-0895-1372, ResearcherID: J-4428-2018, Scopus Author ID: 57205169802,

SPIN-код: 4324-5678, eLibrary Author ID: 158434

Аннотация. В настоящее время туризм признан приоритетной отраслью экономики России. При планировании этой сферы необходимо учитывать требования, заложенные в основных положениях концепции устойчивого развития. Туристско-рекреационная деятельность отличается высоким уровнем использования природных ресурсов и производит значительный объем отходов. Поэтому в качестве индикаторов устойчивого развития рекреационного природопользования могут использоваться показатели природоемкости и ресурсопотребления. Целью исследования является разработка методических подходов к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. Проведенный анализ показал, что в отечественной и зарубежной литературе достаточно публикаций, посвященных оценке природоемкости в различных отраслях экономики, на уровне регионов и отдельных стран. Однако на сегодняшний день в России слабо разработаны подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. Разнообразие видов туристско-рекреационной деятельности обуславливает множество видов воздействий на природные комплексы. В частности, рекреационное природопользование подразделяется на рекреационное ресурсопотребление, рекреационное ресурсопользование, рекреационное средопользование. В работе на основе генетической классификации природных ресурсов выделены виды рекреационного природопользования. Определены направления использования ресурсов и типы воздействий туристско-рекреационной деятельности на природные комплексы. Обосновано применение определенных показателей и единиц измерения, характеризующих объемы природоемкости и ресурсопотребления. Сформированы методические подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. В основу предлагаемых методических подходов были положены принципы устойчивого развития. Сделаны выводы о том, что в силу разнообразия видов рекреационного природопользования при оценке природоемкости и ресурсопотребления должно быть использовано большое количество показателей. Вследствие этого проведение практических расчетов будет трудоемким, поскольку сбор отдельных показателей потребует проведения специальных исследований. Разработанные методические подходы могут стать основой для осуществления практических расчетов и разработки рекомендаций по ресурсосбережению в туристской отрасли.

Ключевые слова: природоемкость, ресурсопотребление, рекреационное природопользование, туризм, устойчивое развитие

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Байкальского института природопользования СО РАН №126021116980-5.

Для цитирования: Санжеев Э. Д. Методические подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76).

С. 160–171. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-160-171 EDN: HGSSOL



RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-160-171

EDN: HGSSOL

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING ENVIRONMENTAL INTENSITY AND RESOURCE CONSUMPTION IN RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT

Erdeni D. Sanzheev

Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch of the RAS, Ulan-Ude, Russia

esan@binm.ru, ORCID: 0000-0003-0895-1372, ResearcherID J-4428-2018, Scopus Author ID 57205169802,

SPIN-code: 4324-5678, eLibrary Author ID: 158434

Abstract. Tourism is currently recognized as a priority sector of the Russian economy. When planning tourism, it is necessary to take into account the requirements laid down in the basic provisions of the concept of sustainable development. Tourism and recreational activities are characterized by high levels of the natural resource use and produce significant amounts of waste. Therefore, the indicators of environmental intensity and resource consumption can be applied as indicators of sustainable development in recreational nature management. The study aims to develop methodological approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management. An analysis of Russian and foreign literature has shown that there are a sufficient number of publications devoted to the assessment of environmental intensity in various sectors of the economy, at the level of regions and individual countries. However, approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management are poorly developed in Russia. The diversity of types of tourism and recreational activities determines many types of the impact on natural complexes. Recreational nature management is divided into recreational resource consumption, recreational resource use, and recreational environment use. The paper identifies the types of recreational nature management based on the genetic classification of natural resources. In the study, the directions of resource use and the types of impact the tourism and recreational activities have on natural complexes have been determined. The application of certain indicators and units of measurement characterizing the volumes of environmental intensity and resource consumption is substantiated. Methodological approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management have been developed based on the principles of sustainable development. It is concluded that, due to the diversity of the recreational nature management types, a large number of indicators must be used when assessing environmental intensity and resource consumption. Consequently, practical calculations will be labor-intensive as obtaining individual indicators will require specialized research. The developed methodological approaches can become the basis for conducting practical calculations and formulating recommendations for resource conservation in the tourism industry.

Keywords: environmental intensity, resource consumption, recreational nature management, tourism, sustainable development

Funding. The work was carried out as part of the state assignment undertaken by the Baikal Institute of Nature Management, SB RAS №126021116980-5.

For citation: Sanzheev E. D. Methodological approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 160–171. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-160-171 EDN: HGSSOL

Введение

В настоящее время устойчивое развитие стало императивом для модернизации всех отраслей экономики, среди которых туристская отрасль не стала исключением. «На современном этапе поставлена задача трансформации туризма как высокодоходной отрасли экономики, обеспечения доступности качества предоставляемых услуг в сфере туризма, отдыха и оздоровления для всех граждан Российской Федерации, что в полной мере соответствует современным глобальным тенденциям устойчивого развития туризма» [16]. В связи с разработкой стратегий и концепций устойчивого развития в различных комплексах и отраслях экономики на разных ее уровнях – от международного до регионального – актуальным становится выделение индикаторов, которые могут свидетельствовать о достижении устойчивости отрасли, комплекса, региона и страны в целом.

В настоящее время используются различные агрегированные индикаторы устойчивого развития. «Наряду с агрегированными индикаторами для оценки устойчивости региональной и страновой политики в мире широко применяются показатели природоемкости, отражающие затраты природных ресурсов и объемы загрязнений на единицу конечного результата. Практически во всех системах индикаторов международных организаций, отдельных стран широко представлены различные модификации этого показателя. Уменьшение природоемкости экономики в динамике является одним из эффективных критериев устойчивого развития» [5].

Важными направлениями исследований представляются также оценка природоемкости и разработка мероприятий по экологизации производства, внедрению малоотходных и ресурсосберегающих технологий в различных отраслях и сферах деятельности человека. Однако на первоначальных этапах необходима разработка подходов и методов к оценке показателей природоемкости и ресурсопотребления. В туристской сфере

определению этих индикаторов практически не уделялось внимание. Во многом это связано с недостатком методических разработок по данной тематике, что обуславливает актуальность и значимость проведенных исследований.

Методология и методика исследования

Природоемкость и ресурсопотребление отражают не только эффективность использования ресурсов в отдельных отраслях и регионах, но и загрязнение окружающей среды. Они служат показателями устойчивого развития экономики, свидетельствуя об уровне экологизации экономического развития. Определение природоемкости необходимо с целью снижения объемов ресурсопотребления.

Оценка природоемкости и ресурсопотребления в различных отраслях представляет собой актуальную задачу для теории и практики природопользования. Анализ показывает, что, несмотря на важность данной тематики, публикаций по ней сравнительно немного. Общетеоретические подходы к оценке природоемкости изложены в работах [6; 17; 21; 22]. В основном публикации посвящены анализу природоемкости и ресурсопотребления в природоэксплуатирующих отраслях, в частности в горнодобывающей промышленности [3; 11; 19] и энергетике [8; 12; 18]. В литературе также имеются статьи, в которых есть анализ и расчеты природоемкости на уровне отдельных стран и регионов [9; 10; 20; 23; 26; 29]. «Индикатор природоемкости и его модификации широко применяются в федеральных программах; используются они и в системах индикаторов устойчивости российских регионов» [5].

Проведенный анализ научной литературы, посвященной оценке ресурсопотребления и природоемкости в туризме, выявил небольшое количество работ, связанных с данным научным направлением. В этих публикациях преимущественно рассматриваются вопросы воздействия туризма на природные комплексы в отдельных регионах. Так, в статье И. М. Яковенко, Н. В. Страчковой дана оценка масштабов рекреационно-техногенной нагрузки, степени благоприятности рекреационной среды и динамика эколого-рекреационной ситуации на примере Республики Крым [28]. В своих трудах Н. А. Фокина при рассмотрении рекреационного ресурсопользования и ресурсопотребления обобщает факторы, влияющие на сокращение природно-ресурсного потенциала курортных дестинаций Крыма, и оценивает их влияние на экологический имидж территории [24; 25]. Вопросы использования экотехнологий и экологической политики предприятий в сфере туризма рассматривались в работах [2; 4].

В зарубежной литературе придают большое значение проблемам оценки природоемкости и ресурсопотребления в туризме. Вопросы потребления ресурсов в туризме рассматриваются в работе [41], где с использованием оценки жизненного цикла (LCA) изучено воздействие на окружающую среду островного туризма на примере островов Пэнху на Тайване и определены объемы потребленных природных ресурсов в расчете на одного туриста за поездку. В статье [38] рассмотрены передовой опыт применения методов управления окружающей средой и циклические решения, связанные с энергией, водой и отходами от коллективных средств размещения (КСР).

Помимо попыток комплексного подхода к оценке потребления ресурсов и образования отходов в туризме много внимания уделяется вопросам водо- и энергопотребления в туристской отрасли. Так, в литературе встречается достаточно много публикаций [30; 35; 36; 37; 39], где изучены вопросы водопотребления в туристской отрасли. Так, рассчитан «водный след» туризма на примере объекта Всемирного природного наследия ЮНЕСКО – рисовых террасах Хунхэ-Хани [43], исследована взаимосвязь между «водным следом» туризма и экономическим ростом туризма в Синьцзяне с 2003 по 2021 г., а также подчеркивается постоянный рост потребления воды в туристской индустрии [33]. Во время пандемии коронавируса период нулевого туризма дал возможность оценить объем воды, напрямую потребляемый в туристской отрасли, на примере Балеарских островов (Испания), который составил порядка 24,2 % от общего объема водопотребления [34].

Вызывают интерес работы, посвященные энергопотреблению в туристской индустрии. Например, в Новой Зеландии проведен анализ туристских достопримечательностей и туристской деятельности с целью определения объемов энергопотребления. Выявлено, что в дальнейшем ориентация страны на природный туризм будет способствовать увеличению объемов потребления энергии [31]. В статье [40] дана оценка прямых и косвенных потребностей в энергии и выбросов углекислого газа туристской индустрией в Чэнду (Китай), рассмотрены вопросы энергоемкости туристской отрасли. На основе проведенного моделирования количества въездных туристов и потребления ресурсов в публикации [44] установлена зависимость показателей валового внутреннего продукта (ВВП) и потребления электроэнергии от количества въездных туристов. В работе [32] с использованием индекса декомпозиционного анализа (IDA)¹ дано аналитическое объяснение факторов, влияющих на потребление электроэнергии на примере туристского сектора Италии. Результаты исследования в источнике [42] показывают положительную, растущую взаимосвязь между потреблением энергии и туристскими прибытиями для всей экономики.

¹ Index decomposition analysis (IDA) или декомпозиционный анализ индекса – это аналитический инструмент, который впервые был использован исследователями для анализа тенденций потребления электроэнергии в промышленности в начале 1980-х годов. После 1990 г. начали появляться исследования потребления энергии для других секторов. https://cde.nus.edu.sg/sem/wp-content/uploads/sites/12/2019/04/4.1.1-Systems-Design-and-Management_Index-Decomposition-Analysis.pdf

Несмотря на множество отечественных публикаций, касающихся вопросов негативного воздействия туризма на природные комплексы территорий, вопросы оценки ресурсопотребления и природоемкости в туризме в нашей стране в территориальном аспекте остаются слабо разработанными. В этом отношении за рубежом данным проблемам уделяют больше внимания, что ставит вопрос о необходимости проведения исследований в этом направлении.

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что туризм считается экологически чистым и предпочтительным видом хозяйственной деятельности, но здесь следует понимать, что это утверждение характерно не для всех видов туризма. Это может быть справедливым для экологического, познавательного, сельского, научного туризма и других его видов, при которых использование природных ресурсов минимально и не несет ущерба природным комплексам. Туризм, проникая во все сферы человеческой деятельности, обладает колоссальным влиянием на состояние окружающей среды. В связи с ростом и интенсивностью развития туристской индустрии в российских регионах важным становится вопрос о ресурсосбережении и рациональном использовании природных ресурсов, которые вовлечены в туристскую сферу.

В отличие от других отраслей туристская отрасль характеризуется разнообразием потребляемых природных ресурсов и различными видами воздействия на окружающую среду, которые зависят от вида туристско-рекреационной деятельности. Так, массовый туризм отличается обширным влиянием на окружающую среду. Под его воздействием происходит практически полная трансформация природных комплексов.

Как отмечает М. Д. Кочкарбаева, «...туристская деятельность отличается высоким уровнем ресурсопотребления и является источником огромного количества отходов, загрязняющих природную среду» [15]. В качестве примера приводится застроенное зданиями побережье оз. Иссык-Куль, откуда хозяйственно-бытовые стоки попадают непосредственно в озеро.

Рассматривая рекреационное водопользование, И. В. Андреева пишет, что «несмотря на объективную сложность даже текущей оценки масштабов отдыха у воды и на воде, его ресурсопотребления, эксперты прогнозируют рост потребления водных ресурсов для этих целей в будущем» [1]. Соответственно, следует ожидать рост потребления природных ресурсов, прежде всего земельных, лесных, биологических и других видов ресурсов.

Известно, что в туристском бизнесе, как и в любом другом виде бизнеса, важнейшей задачей ставится максимизация прибыли при минимальных затратах. В статье О. В. Кауровой (2011) рассматриваются затраты гостиниц и аналогичных средств размещения применительно к отдельному предприятию туристской отрасли. В частности, упоминается, что «...значительный удельный вес в структуре затрат приходится на материальные затраты, которые составили в среднем 47,54 % в 2008 г. и 36,95 % в 2009 г.» [13]. В материальные затраты входят ресурсные затраты, в том числе издержки по оплате электроэнергии, водоснабжения, водоотведения, отопления, стирки белья и т.д., но они отдельно не идентифицируются в доступной отчетности. Приведенные в данной работе цифры позволяют утверждать, что владельцы гостиничных предприятий, стремясь оптимизировать расходы на их содержание, внедряют энергосберегающие технологии.

Как видно на этом примере, материальные затраты составляют значительную сумму в общей структуре затрат туристской индустрии, поэтому необходима их оптимизация с целью сокращения потребления ресурсов и уменьшения расходов. В качестве положительных примеров можно привести использование энергосберегающих ламп в осветительных приборах, замена устаревшего оборудования на более современное и менее энергоемкое и т.д. Однако широкого распространения это получило не везде, поскольку связано с дополнительными затратами. Например, стоимость энергосберегающих ламп достаточно высокая, и на полную замену обычных электрических лампочек в гостинице потребуются значительные средства. На это же указывают В. С. Корнеев и Д. Р. Кандрацкая, в частности «...процесс экологизации на начальном этапе может потребовать значительных финансовых вложений, поэтому именно крупные гостиничные сети одними из первых начинают внедрять различные экологические инновации» [14].

Высокий уровень ресурсопотребления в туризме актуализирует необходимость исследований в области ресурсосбережения. С точки зрения энергосбережения в туристско-рекреационном комплексе весьма интересна работа А. Н. Волкова, в которой предлагается «... развитие экологически чистой возобновляемой энергетики, прежде всего солнечной и геотермальной» [7]. Вместе с тем автор пишет, что «к факторам, повышающим удельный расход топливно-энергетических ресурсов, можно прежде всего отнести охрану окружающей среды, повышение безопасности и надежности технологического оборудования, а также повышение (расширение) потребительских качеств услуг ТРК» [7]. Это связано с несовершенством используемых средств производства при современном уровне развития техники и технологии, поэтому охрана окружающей среды будет весьма затратным мероприятием. Однако имеющийся опыт позволяет утверждать, что на первоначальных этапах затраты, направленные на проведение мероприятий по ресурсосбережению, составляют значительную сумму расходов предприятий. В дальнейшем эти затраты способствуют не только сокращению издержек, но и улучшению экологического имиджа гостиничных предприятий.

По нашему мнению, для разработки мероприятий по снижению природоемкости и ресурсопотребления в туризме необходимо рассматривать полностью рекреационное природопользование. С точки зрения нашего

исследования наибольший интерес представляет монография И. М. Яковенко [27]. Ее автор, опираясь на сложившиеся представления о природопользовании, выделяет следующие структурные блоки в рекреационном природопользовании:

1) Рекреационное ресурсопотребление, в том числе бальнеологическое и грязелечебное; биотическое, в том числе флористическое и фаунистическое (промысловая рекреация); информационное (природно-познавательная рекреация);

2) Рекреационное ресурсопользование, в том числе климатическое, водное, земельное, пейзажное;

3) Рекреационное средопользование, в том числе размещение рекреантов и их транзитных потоков, рекреационных предприятий и угодий, рекреационной инфраструктуры, отходов рекреационной деятельности; использование благоприятных свойств среды для лечения, оздоровления, эстетического восприятия, познания и развлечения [27, с. 14].

В работе С. Н. Бобылева, А. Ш. Ходжаева (2004) отмечается, что «... природоемкость включает также загрязнение окружающей среды» [6]. Соответственно, можно выделить показатели объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников, объемы водопотребления и водоотведения, объемы образования сточных вод, сброс сточных вод с очисткой или без очистки, образование ТКО от деятельности коллективных средств размещения и туристско-рекреационной деятельности в целом. Также в загрязнении окружающей среды учитываются выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников, в том числе от автомобильного транспорта. Последнее особенно важно принимать во внимание при развитии внутреннего туризма, в том числе автомобильного туризма и караванинга.

Ряд исследователей [1; 27] выделяют такую особенность рекреационного природопользования, которую необходимо иметь в виду при расчетах, это использование природных ресурсов с изъятием и без изъятия, с безвозвратным изъятием. Например, использование лесных ресурсов для прогулок по лесу или же с целью сбора дикоросов.

В соответствии с генетической классификацией природных ресурсов в рекреационном природопользовании выделяют рекреационное землепользование, рекреационное водопользование, рекреационное лесопользование, рекреационное использование биологических ресурсов, рекреационное использование климатических ресурсов, использование бальнеологических ресурсов. Соответственно, все эти виды рекреационного природопользования будут и должны делиться на типы с изъятием/без изъятия.

Наиболее обширным видом рекреационного природопользования будет являться *рекреационное землепользование*, связанное с разнообразием типов и видов туристско-рекреационной деятельности. Этот вид природопользования включает изъятие земель под строительство коллективных средств размещения, в том числе гостиниц, домов отдыха, пансионатов, санаториев и других, создание особо охраняемых природных территорий, земли под памятниками природы и культуры и т.д. Показателями здесь будут площади земель, занятых под рекреационное землепользование.

Рекреационное лесопользование может включать в себя прогулочную рекреацию, а также изъятие лесных земель под строительство коллективных средств размещения и иных объектов рекреации. В данном случае здесь также будут использоваться площадные показатели.

В *рекреационном водопользовании* встречается большее разнообразие видов туристско-рекреационной деятельности, в том числе купально-пляжная рекреация, стационарный отдых вблизи рек и водоемов, катание на лодках, катамаранах, байдарках и т.д. Поэтому данный вид рекреационного природопользования будет сложнее оценить. Например, если для купально-пляжной рекреации важнейшим показателем будет площадь пляжей и их емкость, то какой показатель использовать для катания на лодках? Помимо рекреационных занятий следует также учитывать, что вода расходуется на водоснабжение КСР, водоотведение, сброс очищенных или неочищенных сточных вод и т.д. Поэтому объемы водопотребления будут также важными показателями рекреационного водопользования.

Рекреационное использование биологических ресурсов включает промысловую рекреацию, сбор ягод, грибов, орехов, сбор лекарственных растений, раковин моллюсков и т.д. Получение показателей, характеризующих объемы потребления в данной области, возможно на основе экспертных оценок или социологических опросов, поскольку такие данные практически отсутствуют в статистике.

Рекреационное использование климатических ресурсов ведется без изъятия, но сопряжено с другим видом природопользования, а именно с рекреационным землепользованием, в частности, для строительства горноклиматических, морских санаториев и курортов. Условно сюда также можно отнести автотуризм и караванинг. Поэтому выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников, в том числе автомобильного транспорта, могут учитываться здесь. Хотя в данном случае речь идет о загрязнении выбросами атмосферы от автотранспорта в целом.

Бальнеологические ресурсы используются в основном для оздоровления и лечения, но эта деятельность относится к рекреационному природопользованию. Здесь основными показателями могут выступить объемы потребляемых минеральных вод, объемы изымаемых лечебных грязей и рапы озер для бальнеологических процедур и др.

Проведенный анализ видов рекреационного природопользования позволил выявить особенности их воздействия на окружающую среду, определить показатели и единицы измерения. Результаты анализа представлены в табл.

Анализ общетеоретических и методических подходов к определению природоемкости и ресурсопотребления позволил сформировать методические подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании (рис. 1).

Таблица

Table

Виды рекреационного природопользования и их воздействие на окружающую среду
Types of recreational nature management and the impact on the environment

Вид рекреационного природопользования	Направления использования	Типы воздействия	Показатели, единицы измерения
1	2	3	4
Рекреационное землепользование	Изъятие земель под строительство КСР. Стационарный отдых в КСР. Прогулочная рекреация. Горно-пешеходный туризм. Альпинизм. Горнолыжный туризм. Катание на квадрациклах	Трансформация земельных ресурсов. Образование тропинойной сети, вытаптывание. Обеднение и уничтожение видового состава растительного и животного мира, уплотнение почвы, загрязнение мусором	Площадь земель, занятых под КСР, км ² . Превышение рекреационных нагрузок, чел./га. Показатели обеднения видового состава растительного и животного мира, количество видов, % от биологического разнообразия. Площадные и качественные изменения почвенного покрова под воздействием рекреационной деятельности, га. Объем поступления ТКО, кг, тонн
	Создание ООПТ. Природно-познавательный туризм. Стационарный отдых на ООПТ категории национальный парк, заказник, рекреационная местность, лечебно-оздоровительная местность и др.	Трансформация земельных ресурсов. Образование тропинойной сети, вытаптывание. Обеднение и уничтожение видового состава растительного и животного мира, уплотнение почвы, загрязнение мусором	Площадь земель, занятых под ООПТ, км ² Превышение рекреационных нагрузок, чел./га. Площадные и качественные изменения почвенного покрова под воздействием рекреационной деятельности, га. Объем поступления ТКО, кг, тонн
Рекреационное водопользование	Купально-пляжная рекреация. Стационарный отдых	Загрязнение воды азотными и фосфорными соединениями. Образование ТКО	Объем поступления азотных и фосфорных соединений, кг, тонн. Объем поступления ТКО, кг, тонн
	Водносportивная рекреация. Яхтинг, парусный спорт, рафтинг, сплав на байдарках, плотах, катание на прогулочных судах, теплоходах и т.д.	Сброс подсланевых вод в водные источники. Поступление ТКО в водные источники	Объем поступления подсланевых вод в водные источники, м ³ . Объем поступления ТКО, кг, тонн
	Изъятие водных ресурсов для водоснабжения и водоотведения	Загрязнение водных источников	Объемы сточных вод очищенных/не очищенных, литров, м ³ , км ³
Рекреационное лесопользование	Изъятие лесных земель под строительство КСР	Трансформация лесных ресурсов. Вырубка лесов	Площадь трансформированных лесных земель, км ² . Площадь лесных земель, переведенных в другие категории земель, км ² . Площадь вырубленных лесов, км ²
	Прогулочная рекреация. Стационарный отдых	Образование тропинойной сети, вытаптывание. Обеднение и уничтожение видового состава растительного и животного мира, уплотнение почвы	Площадь трансформированных лесных земель, км ² . Показатели обеднения видового состава растительного и животного мира, количество видов, % от биологического разнообразия. Площадные и качественные изменения почвенного покрова под воздействием рекреационной деятельности, км ²

Окончание таблицы
End of table

1	2	3	4
Рекреационное использование биологических ресурсов	Промысловая рекреация. Сбор дикоросов (грибов, ягод, орехов, папоротника-орляка и др.)	Безвозвратное изъятие растительных ресурсов	Объемы заготовки, кг, центнеров, тонн
	Промысловая рекреация. Сбор лекарственных растений	Уничтожение лекарственных растений	Объемы заготовки, кг, центнеров, тонн
	Промысловая рекреация. Сбор растений, занесенных в Красную книгу РФ и Красные книги регионов	Уничтожение редких и исчезающих видов растений	Объемы заготовки, кг, центнеров, тонн
	Промысловая рекреация. Охота	Изъятие и уничтожение объектов животного мира	Объемы заготовленных шкур, шт. Объемы заготовленной продукции животного происхождения, шт., кг. Объемы добытого мяса, кг, тонн
	Промысловая рекреация. Рыболовство	Изъятие и уничтожение рыбных и водных биологических ресурсов	Объемы улова рыбы, кг, тонн. Добыча водных биоресурсов, кг, тонн
Рекреационное использование климатических ресурсов	Изъятие земель под строительство климатических санаториев и курортов. Санаторно-курортная деятельность. Климатолечение. Автотуризм. Караванинг	Трансформация земельных ресурсов. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта	Площадь земель, занятых под КСР, км ² . Объемы выбросов загрязняющих веществ, тонн
Рекреационное недропользование, в том числе использование бальнеологических ресурсов	Оздоровление и бальнеолечение. Забор минеральной воды для питья и принятия ванн	Сброс очищенных/неочищенных сточных вод в водные источники	Объемы очищенных/не очищенных сточных вод, литров, м ³
	Грязелечение. Забор лечебных грязей	Загрязнение воды азотными и фосфорными соединениями	Объем поступления азотных и фосфорных соединений, тонн
	Оздоровление и бальнеолечение. Забор рапы озер для принятия ванн	Сброс очищенных/неочищенных сточных вод в водные источники	Объемы очищенных/не очищенных сточных вод, литров, м ³
	Забор воды из подземных источников для водоснабжения и водоотведения	Загрязнение водных источников	Объемы сточных вод очищенных/неочищенных, литров, км ³
Использование минерально-сырьевых и энергетических ресурсов (угля, нефти, газа и др.)	Использование гидроэнергетического потенциала, сжигание топлива для генерации электроэнергии и отопления КСР	Потребление электроэнергии. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников	Объемы потребленной электроэнергии, кВт/час. Объемы выбросов загрязняющих веществ, м ³

Примечание. Составлено автором с использованием данных источника [27]

Note. Compiled by the author using data from [27]

Разработанные методические подходы являются потенциальной основой для оценки природоёмкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. Однако эти показатели могут быть использованы только в случае их расчета на региональном уровне, поскольку применяются для сравнения разных регионов и сопоставления со средними индексами по стране. Это позволяет определить особенности рекреационного природопользования в отдельных регионах. Показатели природоёмкости и ресурсопотребления также могут применяться для сравнения их уровней в разных странах. Полученные результаты дадут возможность выявить причины высоких показателей природоёмкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании отдельных стран. Результаты расчетов могут быть применимы для разработки мероприятий по их снижению и для формирования стратегий и программ ресурсосбережения в туристской отрасли.

Практические расчеты по природоёмкости и ресурсопотреблению в рекреационном природопользовании достаточно трудоемкие и потребуют привлечения значительного объема статистических материалов. Поэтому в первом приближении возможно использование удельных показателей ресурсопользования в пересчете на одного туриста, которые после расчетов могут быть сравнены с показателями по региону в целом. В дальнейшем возможно сравнение регионов между собой и создание карт, показывающих объемы ресурсопотребления в территориальном аспекте.

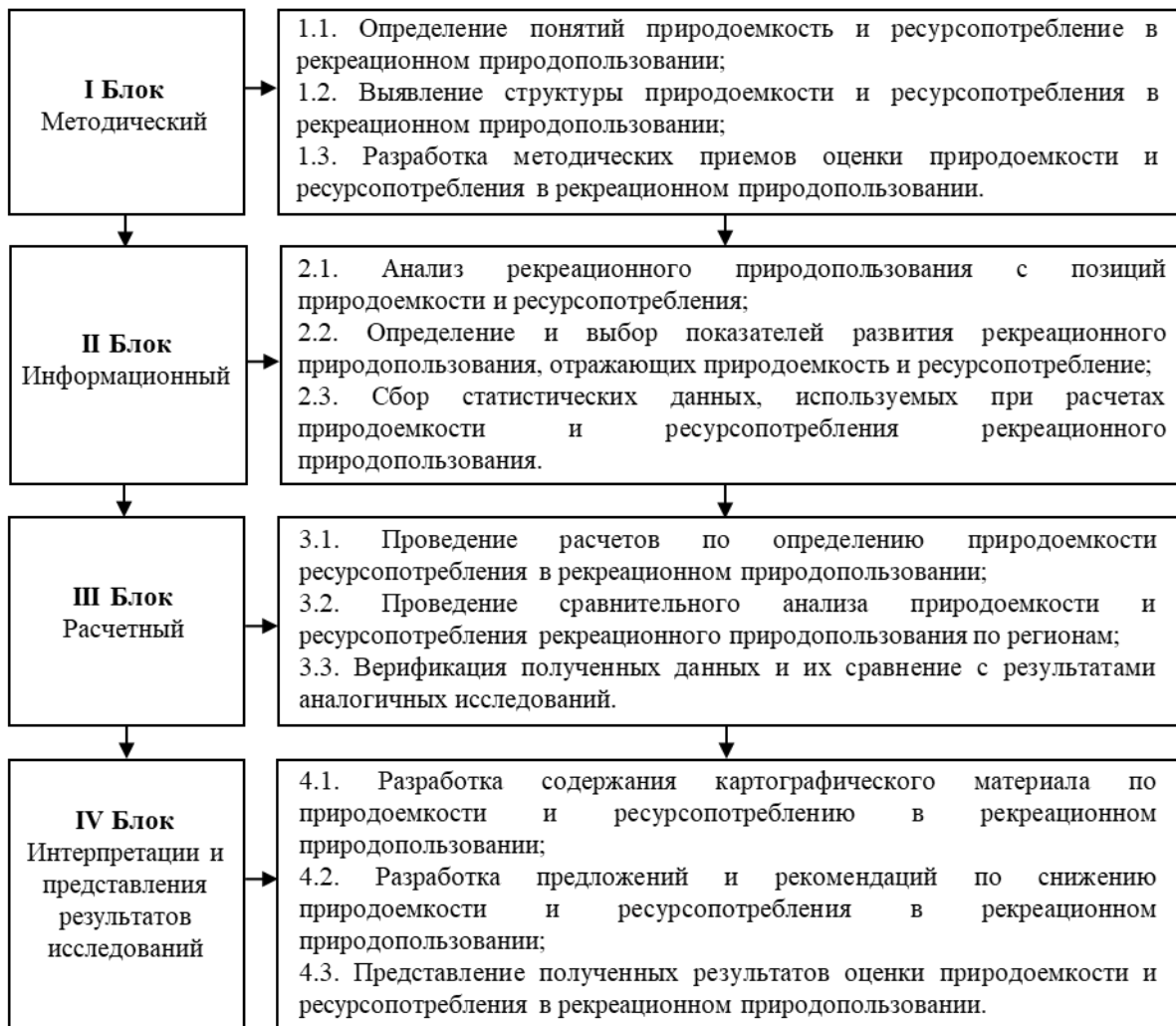


Рис. 1. Методические подходы к оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. Составлено автором

Fig. 1. Methodological approaches to assessing environmental intensity and resource consumption in recreational nature management. Compiled by the author

Заключение

Таким образом, проведенный анализ работ подтверждает актуальность определения природоемкости и ресурсопотребления в рекреационном природопользовании. Важно подчеркнуть недостаток методических разработок по данной тематике. Так, существует сравнительно небольшое количество отечественных работ по оценке природоемкости и ресурсопотребления в рекреации и туризме. Во многих из них упоминается высокий уровень ресурсопотребления в туристской отрасли и образование большого объема отходов от туристско-рекреационной деятельности. В публикациях обосновывается необходимость внедрения технологий ресурсосбережения в туристской отрасли и подчеркивается высокий уровень природоохранных затрат на первоначальных этапах. В этом направлении значительно лучше обстоят дела за рубежом, где активно ведутся разработки по оценке природоемкости и ресурсопотребления в туристской отрасли.

Разработанные методические подходы показывают наличие большого количества показателей, отражающих природоемкость и ресурсопотребление в рекреационном природопользовании. Проведение практических расчетов в данном случае будет достаточно трудоемким из-за разнообразия потребляемых природных ресурсов и тех или иных видов воздействия в рекреационном природопользовании. Сбор различных исходных показателей, которые будут использоваться в расчетах, затрудняется вследствие отсутствия части из них в официальной статистике и, соответственно, требует проведения специальных исследований. Предлагаемые методические подходы могут послужить основой для проведения дальнейших исследований и будут способствовать разработке рекомендаций по снижению объемов потребляемых ресурсов и внедрению технологий ресурсосбережения в туристской индустрии.

Библиографический список

1. Андреева И. В. Рекреационное водопользование в эколого-экономическом планировании прибрежных территорий // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Вып. 21. (Пермь, 02–04 апреля 2019 г.) / под ред. В. И. Осипова и др. Пермь: ПГНИУ, 2019. С. 15–20. EDN: RWZIYZ
2. Андреева А. М., Максанова Л. Б.-Ж., Моглоева Т. В. Экологическая политика предприятий в сфере туризма // Общество: политика, экономика, право. 2022. № 3. С. 45–50. DOI: 10.24158/per.2022.3.7 EDN: LSOYSD
3. Ахметшин А. А., Иванов В. В., Саввинов Г. Н. К вопросу снижения природоемкости недропользования в условиях Севера // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2012. Т. 9, № 2. С. 51–56. EDN: RCFYFLZ
4. Белозерова Ю. М. Современные тенденции повышения устойчивости туристского бизнеса путем использования экотехнологий // Вестник университета. 2012. № 9. С. 91–96. EDN: PLFGTN
5. Бобылев С. Н. Индикаторы устойчивого развития для России // Вестник МГТУ им. М. А. Шолохова. Социально-экологические технологии. 2012. № 1. С. 8–18. EDN: PHDDYH
6. Бобылев С. Н., Ходжаев А. Ш. Экономика природопользования: учеб. М.: ИНФРА-М, 2004. 501 с. ISBN: 5-16-001718-6 EDN: QQFTXF
7. Волков А. Н. Перспективы применения инновационных технологий энергоэффективности и энергосбережения на предприятиях туристско-рекреационного комплекса // Транспортное дело России. 2011. № 8. С. 179–181. EDN: QYRJMB
8. Двинин Д. Ю., Даванков А. Ю. Методический инструментарий энергетической оценки уровня природоемкости хозяйства социо-эколого-экономической среды региона // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10, № 2. С. 17. URL: esj.today/PDF/70ECVN218.pdf (дата обращения 01.03.25) EDN: XSDEEX
9. Еговкина Ю. А., Хамидулина А. М. Анализ природоемкости регионов Приволжского федерального округа // Устойчивое развитие науки и образования. 2018. № 11. С. 34–39. EDN: YPFUKL
10. Забелина И. А. Эффект декарпинга в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15 EDN: VVFJOY
11. Игнатьева М. Н., Литвинова А. А. Экологизация социально-экономического подхода к освоению природных ресурсов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2015. № 3. С. 57–64. EDN: TRKXZZ
12. Караева А. П., Магарил Е. Р. Показатели природоемкости производства энергии как инструмент оценки эффективности проектов в энергетике // Journal of Applied Economic Research. 2020. Т. 19, № 2. С. 166–179. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.2.009 EDN: NYAGYK
13. Каурова О. В. Анализ особенностей затратообразования гостиниц и аналогичных средств размещения на микроуровне // Сервис Plus. 2011. № 1. С. 56–61. EDN: NDGVRT
14. Корнеевец В. С., Кандрацкая Д. Р. Влияние экологических требований на технологии в сфере гостеприимства // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2022. № 4. С. 5–16. DOI: 10.5922/gikbfu-2022-4-1 EDN: PTKXNM
15. Кочкорбаева М. Д. Туризм как система и ее устойчивость // Реформа. 2020. № 4(88). С. 63–76. EDN: HSODMK
16. Кружалин В. И., Меньшикова Т. Н., Кружалин К. В. Стратегическое планирование как основа устойчивого развития туризма в регионах Российской Федерации // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 1(60). С. 136–149. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-136-149 EDN: MMXGLL
17. Лопачук О. Н. Оценка природоемкости производства и потребления: методические и прикладные аспекты // Вестник Белорусского государственного экономического университета. 2022. № 6(155). С. 61–67. EDN: MDZSCR
18. Магарил Е. Р., Гительман Л. Д., Караева А. П., Киселев А. В., Кожевников М. В. Методический подход к эколого-экономической оценке проектов биогазовой энергетики // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 2. Р. 217–256. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.2.009 EDN: HVMFZA
19. Рубанова Н. Н., Пиеничный В. А. Направления эколого-ориентированного управленческого учета на предприятиях ресурсодобывающих отраслей // Terra Economicus. 2011. Т. 9, № 2–2, С. 150–152. EDN: NXSQOP
20. Садькова Э. Ц. Оценка природоемкости как индикатора качества социально-экономического развития региона // Экономика природопользования: обзорная информация. 2009. № 2. С. 11–22. EDN: KWVLHX
21. Самылина В. Г. О динамике показателей удельных загрязнений и природоемкости экономики России // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 6(16). С. 150–158. EDN: XRXOVB
22. Самылина В. Г. О природоемкости продукции и производных от нее показателей // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 6(16). С. 158–166. EDN: XRXOBL
23. Самылина В. Г., Гительман Е. Б. Природоемкость конечной продукции Вологодской области как критерий перехода к устойчивому развитию // Экология промышленного производства. 2011. № 4. С. 19–23. EDN: OJFGHD
24. Фокина Н. А. Проблемы сокращения природно-ресурсного потенциала в системе эколого-экономической безопасности курортных дестинаций Крыма // Экономика строительства и природопользования. 2019. № 2(71). С. 52–59. EDN: DENRCB
25. Фокина Н. А. Экологический имидж прибрежных дестинаций Республики Крым // Экономика строительства и природопользования. 2020. № 4(77). С. 123–133. DOI: 10.37279/2519-4453-2020-4-123-133 EDN: UKOOMV
26. Цилибина В. М. Динамика изменения показателей природоемкости экономики Беларуси // Наука и инновации. 2010. № 7(89). С. 33–37. EDN: YMHQLT
27. Яковенко И. М. Рекреационное природопользование: методология и методика исследований. Симферополь: Таврия, 2003. 335 с.
28. Яковенко И. М., Страчкова Н. В. Рекреационное природопользование и динамика экологорекреационной ситуации в приморских районах Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8(74), № 4. С. 309–326. EDN: IXFRNA

29. Яшина М. Л., Бадашин М. С. Роль экологической составляющей в устойчивом развитии регионов // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2021. № 2(129). С. 43–49. EDN: MGLWRF
30. Becken S., McLennan Ch. Evidence of the water-energy nexus in tourist accommodation // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 144. P. 415–425. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.167
31. Becken S., Simmons D. G. Understanding energy consumption patterns of tourist attractions and activities in New Zealand // Tourism Management. 2002. Vol. 23, Iss. 4. P. 343–354. DOI: 10.1016/S0261-5177(01)00091-7
32. Bianco V. Analysis of electricity consumption in the tourism sector. A decomposition approach // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 248. P. 119286. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119286 EDN: JMPXEI
33. Cao Sh., Zhaoli H., Songmao W., Jinlan N. Decoupling Analysis of Water Consumption and Economic Growth in Tourism in Arid Areas: Case of Xinjiang, China // Sustainability. 2023. Vol. 15, Iss. 13. P. 10379. DOI: 10.3390/su151310379 EDN: WCHUWE
34. Garcia C., Deyà-Tortella B., Lorenzo-Lacruz J., Morán-Tejeda E., Rodríguez-Lozano P., Tirado D. Zero tourism due to COVID-19: an opportunity to assess water consumption associated to tourism // Journal of Sustainable Tourism. 2022. Vol. 31(8). P. 1869–1884. DOI: 10.1080/09669582.2022.2079652 EDN: FTHTRS
35. Gössling S. New performance indicators for water management in tourism // Tourism Management. 2015. Vol. 46. P. 233–244. DOI: 10.1016/j.tourman.2014.06.018
36. Gössling S., Peeters P., Hall C. M., Ceron J.-P., Dubois Gh., Lehmann La V., Scott D. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review // Tourism Management. 2012. Vol. 33, Iss. 1. P. 1–15. DOI: 10.1016/j.tourman.2011.03.015
37. Hadjikakou M., Chenoweth J., Miller G. Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern Mediterranean // Journal of Environmental Management. 2013. Vol. 114. P. 548–556. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.11.002 EDN: RNWVKB
38. Li K., Cipolletta G., Andreola C., Eusebi A. L., Kulaga B., Cardinali S., Fatone F. Circular economy and sustainability in the tourism industry: critical analysis of integrated solutions and good practices in European and Chinese case studies // Environment, Development and Sustainability. 2024. Vol. 26. P. 16461–16482. DOI: 10.1007/s10668-023-03395-7 EDN: QJJHQK
39. Liu H., Jiang Y., Zhu H., Chen Yu., Lyu W., Luo W., Yao W. Analysis of water resource management in tourism in China using a coupling degree model // Water Policy. 2021. Vol. 23, Iss. 3. P. 765–782. DOI: 10.2166/wp.2021.155 EDN: WJOZFF
40. Liu J., Feng T., Yang X. The energy requirements and carbon dioxide emissions of tourism industry of Western China: A case of Chengdu city // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Vol. 15, Iss. 6. P. 2887–2894. DOI: 10.1016/j.rser.2011.02.029
41. Nae-Wen K., Pei-Hun Ch. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle assessment approach // Journal of Cleaner Production. 2009. Vol. 17, Iss. 15. P. 1324–1330. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.04.012
42. Pablo-Romero M. P., Sánchez-Braza A., García-Soto M. A. The Impact of Tourism on Energy Consumption: A Sectoral Analysis for the Most Visited Countries in the World // Economics. 2023. Vol. 11, Iss. 10. C. 263. DOI: 10.3390/economics11100263 EDN: IBMTPA
43. Tian M., Qingwen M., Fei L., Zheng Yu., Anthony M. F., Lun Y., Yongxun Zh., Jie Zh. Evaluation of Tourism Water Capacity in Agricultural Heritage Sites // Sustainability. 2015. Vol. 7, Iss. 11. P. 15548–15569. DOI: 10.3390/su71115548
44. To W. M., Lai T. M., Ku K. I. The growth of the tourism industry and its effect on resource consumption in Macao SAR, China // Progress in Industrial Ecology, an International Journal. 2016. Vol. 10, Iss. 1. P. 90–113. DOI: 10.1504/PIE.2016.078066

References

1. Andreeva I. V. Rekreativnoe vodopol'zovanie v jekologo-jekonomicheskom planirovanii pribrezhnyh territorij [Recreational water use in ecological and economic planning of coastal territories]. In *Sergeevskie chtenija: materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geojekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii Perm', April 02–04, 2019*, Perm State National Research University, Perm, 2019, pp. 15–20. (In Russ.)
2. Andreeva A. M., Maksanova L. B.-Zh., Mogloeva T. V. Features of environmental policy implementation by tourist enterprises. *Society: Politics, Economics, Law*, 2022, no. 3, pp. 45–50. (In Russ.) DOI: 10.24158/pep.2022.3.7.
3. Akhmetshin A. A., Ivanov V. V., Savvinov G. N. K voprosu snizhenija prirodnoemkosti nedropol'zovanija v uslovijah Severa [Reducing of environmental capacity of subsurface management in the North]. *Vestnik of North-Eastern Federal University*, 2012, vol. 9, no. 2, pp. 51–56. (In Russ.)
4. Belozeroва Yu. M. Sovremennye tendencii povyshenija ustojchivosti turistskogo biznesa putem ispol'zovanija jekotehnologij [Modern trends increase the stability of the tourism business through the use of environmentally sound technologies]. *Vestnik Universiteta*, 2012, no. 9, pp. 91–96. (In Russ.)
5. Bobylev S. N. Indikatory ustojchivogo razvitija dlja Rossii [Indicators of sustainable development for Russia]. *Vestnik MGGU im. M.A. Sholohova. Socialno-ecologicheskie Tehnologii*, 2012, no. 1, pp. 8–18. (In Russ.)
6. Bobylev S. N., Hodzhaev A. Sh. *Jekonomika prirodopol'zovanija* [Economics of nature management]. Moscow: INFRA-M, 2004, 501 p. (In Russ.)
7. Volkov A. N. Perspektivy primenenija innovacionnyh tehnologij jenergojektivnosti i jenergosberezhenija na predpriyatijah turistsko-rekreativnogo kompleksa [Prospects for innovative energy efficiency and conservation technologies' implementation in the enterprises of tourist-recreational complex]. *Transport business in Russia*, 2011, no. 8, pp. 179–181. (In Russ.)
8. Dvinin D. Yu., Davankov A. Yu. Metodicheskij instrumentarij jenergeticheskoj ocenki urovnja prirodnoemkosti hozjajstva socio-jekologo-jekonomicheskoj sredy regiona [Methodological tools of energy assessment of the level of environmental economy socio-ecological and economic environment of the region]. *The Eurasian Scientific Journal*: website. (In Russ.) URL: <https://esj.today/PDF/70ECVN218.pdf>. (Accessed 1 March 2025).
9. Egovkina Yu. A., Hamidulina A. M. Analiz prirodnoemkosti regionov Privolzhskogo Federal'nogo okruga [Analysis of the nature capacity of the regions of the Volga Federal District]. *Ustoichivoe razvitie nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 11, pp. 34–39. (In Russ.)

10. Zabelina I. A. Decoupling in Environmental and Economic Development of Regions-Participants of Cross-Border Cooperation. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 241–255. (In Russ.) DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15.
11. Ignatieva M. N., Litvinova A. A. Jekologizacija social'no-jekonomicheskogo podhoda k osvoeniju prirodnyh resursov [Ecologization of the socio-economic approach to natural resources development]. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*, 2015, no. 3, pp. 57–64. (In Russ.)
12. Karaeva A. P., Magaril E. R. Environmental Capacity Indicators as a Tool for Evaluation of Energy Projects Efficiency. *Journal of applied economic research*, 2020, vol. 19, no. 2, pp. 166–179. (In Russ.) DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.2.009.
13. Kaurova O. V. Analiz osobennostej zatratooobrazovaniya gostinic i analogichnyh sredstv razmeshheniya na mikrourovne [Analysis of cost formation features of hotels and similar accommodation facilities at the micro level]. *Service Plus*, 2011, no. 1, pp. 56–61. (In Russ.)
14. Korneevets V. S., Kandratskaya D. R. Influence of ecological changes on hospitality industry technologies. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, 2022, no. 4, pp. 5–16. (In Russ.) DOI: 10.5922/gikbfu-2022-4-1.
15. Kochkorbaeva M. D. Turizm kak sistema i ejo ustojchivost' [Tourism as a system and its sustainability]. *Reform*, 2020, no. 4(88), pp. 63–76. (In Russ.)
16. Kruzhalin V. I., Menshikova T. N., Kruzhalin K. V. Strategic planning as a basis for sustainable tourism development and the preservation of cultural heritage in the regions of the Russian Federation. *Geographical Bulletin*, 2022, no. 1(60), pp. 136–149. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2022-1-136-149.
17. Lopatchouk O.N. Ocenka prirodoemkosti proizvodstva i potrebleniya: metodicheskie i prikladnye aspekty [Assessment of environmental intensity of production and consumption: methodological and applied aspects], *Bulletin of the Belarusian State Economic University*, 2022, no. 6(155), pp. 61–67. (In Russ.)
18. Magaril E. R., Gitelman L. D., Karaeva A. P., Kiselev A. V., Kozhevnikov M. V. Methodological approach to the environmental and economic assessment of biogas energy projects. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, vol. 21, no. 2, pp. 217–256. (In Russ.) DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.2.009.
19. Rubanova N. N., Pshenychnyi V. A. Napravleniya jekologo-orientirovannogo upravlencheskogo ucheta na predpriyatijah resursodobyvajushhih otraslej [The direction of eco-oriented management accounting in enterprises mining industries]. *Terra Economicus*, 2011, vol. 9, no. 2–2, pp. 150–152. (In Russ.)
20. Sadykova E. Ts. Ocenka prirodoemkosti kak indikatora kachestva social'no-jekonomicheskogo razvitiya regiona [The environment intensity estimation as an indicator of regional social and economic development quality]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya: obzornaya informatsiya*, 2009, no. 2, pp. 11–22. (In Russ.)
21. Samilina V. G. O dinamike pokazatelej udel'nyh zagryaznenij i prirodoemkosti jekonomiki Rossii [On the dynamics of indicators of specific pollution and environmental capacity Russian economy]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*, 2016, no. 6(16), pp. 150–158. (In Russ.)
22. Samilina V. G. O prirodoemkosti produkcii i proizvodnyh ot nee pokazateljah [On the environmental capacity products and derivatives from her indicators]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya*, 2016, no. 6(16), pp. 158–166. (In Russ.)
23. Samilina V. G., Gitelman E. B. Prirodoemkost' konechnoi produktsii Vologodskoi oblasti kak kriterii perekhoda k ustojchivomu razvitiyu [Natural resources capacity of final production of the Vologda region as a criterion for the transition to stable development]. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*, 2011, no. 4, pp. 19–23. (In Russ.)
24. Fokina N. A. Problemy sokrashheniya prirodno-resursnogo potenciala v sisteme jekologo-jekonomicheskoy bezopasnosti kurortnyh destinacij Kryma [The problem of natural resource potential reduction in the system of ecological and economic security of the resort destinations of Crimea]. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*, 2019, no. 2(71), pp. 52–59. (In Russ.)
25. Fokina N. A. Ecological image of coastal destinations of the Republic of Crimea. *Construction economic and environmental management*, 2020, no. 4(77), pp. 123–133. (In Russ.) DOI 10.37279/2519-4453-2020-4-123-133
26. Tsilibina V. M. Dinamika izmeneniya pokazatelei prirodoemkosti ekonomiki Belarusi [Dynamics of changes in indicators of natural resource intensity of the economy of Belarus]. *Nauka i innovatsii*, 2010, no. 7 (89), pp. 33–37. (In Russ.)
27. Yakovenko I. M. *Rekreacionnoe prirodopol'zovanie: metodologiya i metodika issledovaniy* [Recreational nature management: methodology and research methods]. Simferopol': Tavriya, 2003, 335 p. (In Russ.)
28. Yakovenko I. M., Strachkova N. V. Rekreacionnoe prirodopol'zovanie i dinamika jekologorekreacionnoj situacii v primorskih rajonah Kryma [Recreational nature management and the dynamics of the ecological and recreational situation in the coastal regions of Crimea]. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology*, 2022, vol. 8(74), no. 4, pp. 309–326. (In Russ.)
29. Yashina M. L., Badashin M. S. Rol' ekologicheskoi sostavlyayushchei v ustojchivom razvitiy regionov [The role of the environmental component in sustainable development of the regions]. *Science and Education: Economy and Economics; Entrepreneurship; Law and Management*, 2021, no. 2(71), pp. 43–49. (In Russ.)
30. Becken S., McLennan Ch. Evidence of the water-energy nexus in tourist accommodation. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 144, pp. 415–425. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.167.
31. Becken S., Simmons D. G. Understanding energy consumption patterns of tourist attractions and activities in New Zealand. *Tourism Management*, 2002, vol. 23, iss. 4, pp. 343–354. DOI: 10.1016/S0261-5177(01)00091-7
32. Bianco V. Analysis of electricity consumption in the tourism sector. A decomposition approach. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 248. 119286. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119286
33. Cao Sh., Zhaoli H., Songmao W., Jinlan N., Decoupling Analysis of Water Consumption and Economic Growth in Tourism in Arid Areas: Case of Xinjiang, China. *Sustainability*, 2023, vol. 15, iss. 13, pp. 10379. DOI: 10.3390/su151310379
34. Garcia C., Deyà-Tortella B., Lorenzo-Lacruz J., Morán-Tejeda E., Rodríguez-Lozano P., Tirado D. Zero tourism due to COVID-19: an opportunity to assess water consumption associated to tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2022, vol. 31(8), pp. 1869–1884. DOI: 10.1080/09669582.2022.2079652

35. Gössling S. New performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management*, 2015, vol. 46, pp. 233–244. DOI: 10.1016/j.tourman.2014.06.018
36. Gössling S., Peeters P., Hall C. M., Ceron J.-P., Dubois Gh., Lehmann La V., Scott D. Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management*, 2012, vol. 33, iss. 1, February, pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.tourman.2011.03.015
37. Hadjikakou M., Chenoweth J., Miller G. Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern Mediterranean. *Journal of Environmental Management*, 2013, vol. 114, pp. 548–556. DOI: 10.1016/j.jenvman.2012.11.002
38. Li K., Cipolletta G., Andreola C., Eusebi A. L., Kulaga B., Cardinali S., Fatone F. Francesco Circular economy and sustainability in the tourism industry: critical analysis of integrated solutions and good practices in European and Chinese case studies. *Environment, Development and Sustainability*, 2024, vol. 26, pp. 16461–16482. DOI: 10.1007/s10668-023-03395-7
39. Liu H., Jiang Y., Zhu H., Chen Yu., Lyu W., Luo W., Yao W. Analysis of water resource management in tourism in China using a coupling degree model. *Water Policy*, 2021, vol. 23, iss. 3, pp. 765–782. DOI: 10.2166/wp.2021.155
40. Liu J., Feng T., Yang X. The energy requirements and carbon dioxide emissions of tourism industry of Western China: A case of Chengdu city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, vol. 15, iss. 6, pp. 2887–2894. DOI: 10.1016/j.rser.2011.02.029
41. Nae-Wen K., Pei-Hun Ch. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 2009, vol. 17, iss. 15, pp. 1324–1330. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.04.012
42. Pablo-Romero M. P., Sánchez-Braza A., and García-Soto M. A. The Impact of Tourism on Energy Consumption: A Sectoral Analysis for the Most Visited Countries in the World. *Economies*, 2023, vol. 11, iss. 10, pp. 263. DOI: 10.3390/economies11100263
43. Tian M., Min Q., Lun F., Yuan Z., Fuller A. M., Yang L., Zhang Y., Zhou J. Evaluation of Tourism Water Capacity in Agricultural Heritage Sites. *Sustainability*, 2015, vol. 7, iss. 11, pp. 15548–15569. DOI: 10.3390/su71115548
44. To W. M., Lai T. M., Ku K. I. The growth of the tourism industry and its effect on resource consumption in Macao SAR, China. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 2016, vol. 10, iss. 1, pp. 90–113. DOI: 10.1504/PIE.2016.078066

Статья поступила в редакцию: 18.03.25, одобрена после рецензирования: 10.10.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 18 March 2025; approved after review: 10 October 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторе

Эрдэни Доржиевич Санжеев

Кандидат географических наук,

старший научный сотрудник;

Байкальский институт природопользования

Сибирского отделения Российской академии наук;

670047, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ,

ул. Сахьяновой, 6

Information about the author

Erdeni D. Sanzheev

Candidate of Geographical Sciences, Senior Scientist,

Baikal Institute of Nature Management of the Siberian

Branch of the Russian Academy of Sciences;

6, Sakhyanovoi st., Ulan-Ude, Buryatia, Russia, 670047

e-mail: esan@binm.ru

Научная статья

УДК 338.48+2-783+914.7

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-172-183

EDN: CUALGZ



ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕНТРОВ ПАЛОМНИЧЕСТВА И РЕЛИГИОЗНОГО ТУРИЗМА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Григорий Александрович Зырянов

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ziryarov.geo@gmail.com, SPIN-код: 3503-8755, eLibrary Author ID: 1080367

Аннотация. Сфера религиозного туризма в России активно развивается как количественно (увеличение турпотока), так и качественно (усложнение потребностей туриста). Данное исследование посвящено современному состоянию и территориальной организации православного религиозного туризма и паломничества в Центральной России. Цель работы – выявление пространственных закономерностей в распределении потоков паломников и оценка ресурсного потенциала территории для развития данного вида туризма на основе комплексного анализа святых мест. В качестве методологической основы разработан интегральный показатель привлекательности монастыря, для пространственного анализа адаптирована модель расчета потенциала поля расселения. В качестве источника информации о реальных туристских потоках использовались данные о поездках паломнических служб епархий Центральной России. В работе выявлена четкая центр-периферийная структура привлекательности территории для религиозного туризма с ядром в Московском регионе и исторических центрах Северо-Восточной Руси, а также обширной периферией на западе и юге региона. Описаны факторы и этапы формирования данной структуры, историко-культурные факторы выступили первичными, физико-географический, административный и расселенческий – вторичными. Выделены ключевые субцентры, различающиеся географическим положением, доминирующим типом святых мест, уровнем популярности для внешнего и внутреннего туриста. Установлена прямая зависимость между размером населенного пункта и рангом дестинации до крупного ранга и обратная – для крупнейших дестинаций. В выводе подчеркивается эффективность предложенной методики для количественной оценки и визуализации потенциала территории. Работа вносит вклад в развитие географических исследований религиозного туризма и предлагает научную основу для территориального планирования в этой сфере.

Ключевые слова: религиозный туризм, паломничество, Центральная Россия, монастыри, святое место, потенциал поля расселения

Для цитирования: Зырянов Г. А. Территориальная организация центров паломничества и религиозного туризма в Центральной России // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 172–183. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-172-183 EDN: CUALGZ

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-172-183

EDN: CUALGZ

TERRITORIAL ORGANIZATION OF THE CENTERS OF PILGRIMAGE AND RELIGIOUS TOURISM IN CENTRAL RUSSIA

Grigorii A. Zyryanov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ziryarov.geo@gmail.com, SPIN-code: 3503-8755, eLibrary Author ID: 1080367

Abstract. The sphere of religious tourism is actively developing in Russia, both quantitatively (an increasing tourist flow) and qualitatively (an increasing complexity of tourist needs). This paper deals with the current state and territorial organization of Orthodox religious tourism and pilgrimage in Central Russia. The purpose of the study is to identify spatial patterns in the distribution of pilgrim flows and to assess the resource potential of the territory for the development of this type of tourism, which is done on the basis of a comprehensive analysis of holy sites. An integral indicator of a monastery's potential attractiveness has been developed as a methodological basis; a model for calculating the settlement field potential has been adapted for spatial analysis. Data on trips organized by the pilgrimage services of the dioceses

© Зырянов Г. А., 2026



Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

located in Central Russia was used as a source of information on actual tourist flows. The paper reveals a clear center-peripheral structure of the territory's attractiveness for religious tourism, with the core in the Moscow region as well as the historical centers of Northeastern Russia and a vast periphery in the west and south of the region. The factors and stages of the formation of this structure are described; historical and cultural factors served as primary ones, while physical-geographical, administrative, and settlement factors were secondary. The key subcenters have been identified, differing in the geographical location, the dominant type of holy sites, and the level of popularity among external and internal tourists. The study has established a direct relationship between the size of a settlement and the rank of a destination for destinations classified under the local to major ranks, and an inverse relationship – for the largest destinations. The conclusion highlights the effectiveness of the proposed methodology for quantifying and visualizing the potential of a territory. The work contributes to the development of geographical research on religious tourism and offers a scientific basis for territorial planning in this sphere.

Keywords: religious tourism, pilgrimage, Central Russia, sacred place, monasteries, settlement field potential

For citation: Zyryanov G. A. Territorial organization of the centers of pilgrimage and religious tourism in Central Russia. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 1(76), pp. 172–183. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-172-183 EDN: CUALGZ

Введение

Современный религиозный туризм в России наследует как практикам историко-культурного туризма позднего СССР, так и многовековой традиции паломничества. Внутренний туризм становится все более популярен: если в 2019 г. объем внутреннего турпотока составлял 65 млн чел., то в 2024 г. – уже 92 млн. При этом рост турпотока наблюдается и в отдельных отраслях, в том числе в религиозном туризме. Как и в иных отраслях, в популярности данного вида туризма на территории России наблюдаются явные диспропорции: ряд направлений перегружен, в то время как другие регионы среди туристов малопопулярны. Изучение современного состояния отрасли позволяет выделить особенности ее развития, определить территориальную неравномерность в мощности потоков религиозного туризма и паломничества. Цель данной работы – выявление пространственных закономерностей в распределении потоков паломников и оценка ресурсного потенциала территории для развития данного вида туризма на основе комплексного анализа святых мест.

Основной проблемой, которая описывается в отечественных исследованиях, посвященных религиозному туризму, является разграничение понятий религиозного туризма и паломничества. Часть исследователей при рассмотрении этой проблемы обращают внимание преимущественно на внешние характеристики данных явлений. В рамках подобного эклектичного подхода считается, что религиозный туризм объединяет в себе паломнический туризм (именно так, как правило, именуется паломничество в исследованиях в рамках данного подхода) и религиозный туризм экскурсионно-познавательной направленности, которые различаются целями поездки: паломнический туризм направлен на поклонение святыням, религиозный туризм экскурсионной направленности – на знакомство со значимыми культурными и природными объектами [19]. Данный подход является преобладающим в отечественных географических исследованиях, он удобен при рассмотрении отдельных дестинаций и их групп. Наиболее частый тип географического исследования в рамках этого подхода – характеристика отрасли религиозного туризма и региональные особенности святых мест на определенной территории: Краснодарском крае [20], республике Дагестан [1; 26], Архангельской [8], Волгоградской [6], Вологодской [5], Кировской [16], Ленинградской [18], Липецкой [22], Новосибирской [25], Ростовской [10], Смоленской [11], Тверской [7], Ульяновской [17] областях. Данный подход стал основным и при подготовке учебных пособий, где тема религиозного туризма раскрывается шире всего [2; 3; 24]. В рамках рационалистического подхода также работают экономисты [4] и юристы [9].

Оппоненты такого подхода утверждают, что главный смысл религиозного туризма состоит в его познавательной и рекреационной компонентах. В то же время для паломников цели рекреации и познания материального мира являются глубоко второстепенными, более того, они могут даже мешать паломнику удовлетворить свои первостепенные потребности общения с Богом через святые места. Разница между туристами и паломниками прослеживается и в организации поездок, и в структуре потоков. Для паломника неотъемлемой частью путешествия являются сакральные ритуалы, как традиционно принятые для посещаемых святых мест, так и являющиеся результатом самостоятельных духовных исканий. Религиозный турист в первую очередь обращает внимание на эстетические и историко-культурные характеристики места, участие в сакральных ритуалах для него необязательно. Туристы могут не исповедовать религию, для которой территория носит сакральный смысл, а для паломника это является необходимым условием [13].

В современных зарубежных исследованиях встречается подход, в некоторой степени синтезирующий два предыдущих. Граница между религиозным туристом и паломником, ранее достаточно четко заметная, стала постепенно истончаться. Кроме того, расширился и сам объект исследования: некоторые исследователи выделяют секулярное, или мирское паломничество, определяющееся как посещение мест, не относящихся к какой-либо религии, но несущих в себе огромное, иногда квазирелигиозное значение для отдельных людей или групп людей. К секулярному паломничеству относят, например, посещение могил знаменитых людей, воинских и гражданских мемориалов на месте сражений и катастроф [28]. Таким образом, хоть паломничество и продолжало определяться как «путешествие к святому месту как акт религиозного служения», первые два

аспекта паломничества, маршрут и дестинация, бывшие центральными в 1960–80-е гг., в качестве объекта исследования стали постепенно уходить на второй план, уступая место третьему аспекту – мотивации. Произошел переход географии от рассмотрения общих и главных элементов паломничества и религиозного туризма к изучению личного опыта паломников и туристов. Данное направление достаточно сильно отклонилось от географии, став гораздо более социологическим, во всяком случае по методам исследования [27].

Центральный объект, та географическая цель, к которой стремятся паломники и религиозные туристы, как правило, совпадает физически, но не субстанционально. Местом притяжения для паломника является *святое место*. В отечественных исследованиях данный термин выступает частным случаем *сакрального места*, которое определяется исследователями как «место “встречи” посю- и потустороннего, место контакта человека с трансцендентным миром» [14], сакральное место определяется и выделяется на территории людьми. Сакральное место складывается из двух основных смысловых слоев, материального (в который входят культовый объект и локус) и духовного, связанного с восприятием и практиками людей, считающих данное место сакральным. Религиозного туриста, если рассматривать его как человека светского в несколько «рафинированном» виде, в сакральном месте привлекает в первую очередь материальный слой, причем в разрезе скорее историко-культурном, нежели религиозном. Духовные практики для него если и интересны, то опять же в большей степени как часть познания места. Тем не менее само наличие святого места для религиозного туриста экзистенциально важно: именно желание посетить место, которое является или являлось сакральным, позволяет определить религиозный туризм как отдельный вид туризма.

В рамках изучения географии религиозного туризма понятие святого места синонимично понятию дестинации. Как и туристские дестинации, святые места различаются между собой по ряду характеристик. Прежде всего, святые места различаются по тому, какие группы людей почитают их как сакральные. Святые места чаще всего обретают свои свойства в рамках одного (в определенных случаях – нескольких) религиозного мировоззрения. Однако святое место может являться таковым и без привязки к определенной религии: сакральный статус в разных сообществах людей могут носить либо места важнейших исторических событий, либо территории, связанные с важным для конкретной группы человеком. Таким образом, святые места различаются по «радиусу» охвата, который может быть как социальным (в качестве охвата той или иной группы людей), так и географическим (в качестве охвата некоторой территории) [29].

Таким образом, рассмотрение религиозного туризма без анализа паломничества представляется нам невозможным. Эти два понятия напрямую связаны между собой, паломники словно «открывают» направления, которые потом посещают религиозные туристы. В данном исследовании мы будем рассматривать в первую очередь паломничество и паломнические поездки в качестве потенциальных форм развития религиозного туризма.

Методы исследования

В качестве объекта для расчета ресурсного потенциала территории для развития паломничества и религиозного туризма в данной работе были выбраны монастыри Русской православной церкви (РПЦ) по следующим причинам. Во-первых, монастыри – это наиболее значительные по размерам проявления религиозной деятельности человека на земной поверхности (во всяком случае, в условиях православной церкви), которые консолидируют в себе не только антропогенные, но и природные компоненты. Во-вторых, с точки зрения церковной иерархии монастыри «стоят» выше обычных приходских церквей. В православной церкви лишь монашествующее духовенство может занимать высшие церковные должности, как следствие, именно монастыри становятся основными центрами религиозной жизни в регионах. В-третьих, монастыри, в отличие от церквей, могут предоставлять паломникам как питание, так и средства размещения. Специфичность требований к посещающим монастыри на относительно долгое время позволяет сделать вывод, что подобными средствами размещения пользуются по большей части именно паломники. В-четвертых, данные о монастырях гораздо легче найти в открытом доступе, чем данные по отдельным церквям и более мелким культовым сооружениям.

Для создания комплексного показателя, описывающего привлекательность монастыря для туристов и паломников, нами было использовано 8 показателей, описывающих разные компоненты как ресурсов, так и условий развития религиозного туризма и паломничества для монастырей, которые были сведены в единый показатель m (1) через придание им отдельного весового коэффициента α_i . Значение весового коэффициента α_i рассчитывалось на основе автоматизированного контент-анализа отзывов о поездках к монастырям на интернет-ресурсах TripAdvisor и «Яндекс.Карты» за 2023 г.

$$m_i = H_i\alpha_H + T_i\alpha_T + K_i\alpha_K + S_i\alpha_S + A_i\alpha_A + R_i\alpha_R + L_i\alpha_L + U_i\alpha_U. \quad (1)$$

Для пространственного анализа значений коэффициента привлекательности монастыря мы адаптировали формулу расчета потенциала поля расселения, предложенную О. А. Евтеевым [12]. Согласно полученной нами формуле, потенциал поля монастыря (P_i) (2) равен значению его КППМ (m_i) плюс сумме отношений КППМ всех остальных монастырей территории (m_g) к их расстоянию до монастыря, для которого рассчитывается показатель ($Dist_{ig}$):

$$P_i = m_i + \sum \frac{m_g}{Dist_{ig}} \quad (2)$$

Таблица
TableКомпоненты коэффициента привлекательности монастыря (КПМ)
Components of the monastery attractiveness coefficient

Обозначение в формуле	Описываемый компонент	Показатель	Значения показателя	Коэффициент α
H	Природный (гидрологический)	Наличие почитаемого источника при монастыре	1 – Источник есть 0 – Источника нет	0,1
T	Антропогенный (историко-культурный)	Возраст монастыря (нормированный)	$T = \frac{T_n}{T_{max}}$, где T_n – возраст монастыря T_{max} – максимальный возраст монастыря в выборке	0,1
K		Значение монастыря как памятника архитектуры	1 – ЮНЕСКО 0,75 – федерального значения 0,5 – регионального значения 0,25 – местного значения 0 – без зарегистрированной архитектурной ценности	0,25
S		Статус монастыря	Ставропигиальный – 1 Епархиальный – 0,5 Подворье – 0,25	0,05
A	Антропогенный (личный)	Масштаб почитания местного святого	Общеправославный – 1 Местночтимый – 0,5 Народный (готовится к канонизации) – 0,25	0,2
R	Условия (размещение)	Наличие монастырской гостиницы	1 – Гостиница есть 0 – Гостиницы нет	0,1
L	Условия (доступность)	Расстояние от регионального центра	$L = \frac{S_{max} - S_n}{S_{max}}$, где S_{max} – максимальное расстояние от регионального центра до монастыря в выборке S_n – расстояние от регионального центра до монастыря	0,1
U	Условия (дополнительные услуги)	Наличие паломнической трапезной	1 – Трапезная есть 0 – Трапезной нет	0,1

В качестве территории, которая рассматривалась для определения потенциала развития религиозного туризма, а также потоков паломников, был выбран Центральный федеральный округ (ЦФО), поскольку для него характерно наиболее плотное распространение монастырей (всего 246), кроме того, религиозный состав населения территории относительно однороден, что позволило не вводить поправок на местную структуру вероисповедания. При этом, несмотря на относительную компактность территории, данный регион достаточно мозаичен культурно, так как в его составе выделяются 4 культурно-географических макрорегиона и 5 субрегионов [15].

Выявление святых мест происходило через анализ предложения паломнических поездок за 2023 г. 32-мя паломническими службами, действующими на рассматриваемой территории. Из них 3 («Пересвет», «Радонеж», «Товия») располагались в Москве и были выбраны как крупнейшие паломнические службы, организующие поездки по России и обслуживающие не только Москву, но и Московскую область. Остальные 29 рассмотренных паломнических служб являлись официальными паломническими службами центров епархий (ЦФО). Суммарно было проанализировано 3314 поездок, совершенных в 2023 г., для каждой поездки были определены посещенные дестинации и регион-экспортер (регион, откуда поездка совершалась). Всего на основе данных о поездках на территории ЦФО было выявлено 280 дестинаций, которые организованные группы паломников посетили за 2023 г. хотя бы однократно. В качестве дестинации нами определялся либо отдельно отстоящий конкретный объект (например, монастырь или святой источник), либо населенный пункт, где находится несколько подобных объектов (как правило, город).

Результаты исследования

Поле потенциала КПМ в Центральной России образует четко выраженную центр-периферийную структуру, ядро которой имеет неправильную овалоподобную форму, ориентированную по направлению северо-восток – юго-запад (рис. 1). На формирование данного ядра повлияли следующие факторы:

1) *Историко-географический.* Современное расположение монастырей в Центральной России складывалось поэтапно. Наиболее старые монастыри домонгольского периода сохранились на территории Северо-Восточной Руси, они образуют два выступа ядра на севере (Переславско-Ростовский) и востоке (Владими́ро-Суздальский). На следующем этапе основная часть ядра, занимающая бо́льшую часть Московского региона, сформировалась во 2-й пол. XIV – начале XV вв. во время постепенного усиления Московского княжества. В тот период возник крупнейший по значению коэффициента монастырь региона – Троице-Сергиева лавра, а также другие важные пункты «московского кольца», часто создававшиеся близ центров удельных княжеств: Старо-Голутвин (Коломна), Высоцкий, Владычный (оба – Серпухов), Саввино-Сторожевский (Звенигород), Ферапонтов Лужецкий (Можайск), Николо-Пешношский (Дмитровский район) и другие. В то же время на фоне конкуренции с Москвой ярко проявляются центры других княжеств, сначала Рязанского (Троицкий и Солотчинский в Рязани, Свято-Духов в Скопине), затем Тверского (Кашин, Калязин) [23]. Ныне данные центры формируют юго-восточную и северо-западную полупериферии поля потенциала КПМ соответственно. На следующем этапе, продолжавшемся со 2-й пол. XV по XVII в., монастырское строительство постепенно затухало на севере и востоке и распространялось на юг вслед за расширением Русского государства. В XV–XVI веках формируется юго-западная оконечность ядра: возникают монастыри в Боровске, Калуге, Белёве. Южная полупериферия оформляется в XVII в. с основанием монастырей в Брянске, Севске, Задонске, Ельце, Тамбове. Появление православных монастырей на западе территории (Троице-Болдин под Дорогобужем, Иоанно-Предтеченский в Вязьме) началось лишь в XVI в. после завоевания территории Великого княжества Литовского. Последний на данный момент этап монастырского строительства XIX в. был приурочен прежде всего к активной деятельности подвижников Оптиной и Площанской пустыней, двух крупнейших центров нового русского старчества, и характеризовался преобразованием уже имевшегося на территории Центральной России религиозного ландшафта [21];

2) *Культурно-географический.* Московский регион с точки зрения своих культурно-географических функций выступает как единый консолидирующий центр территории. Московское княжество с XIV в. концентрирует на своей территории и наиболее значимых православных подвижников, и ресурсы для строительства монастырей. Несмотря на относительно небольшой размер, в этом макрорегионе располагается 48 монастырей (1/5 монастырей Центральной России), при этом 35 из них (73 %) являются объектами культурного наследия федерального уровня (в том числе Троице-Сергиева лавра и Новодевичий монастырь – объектами всемирного наследия ЮНЕСКО), это наивысшая доля среди монастырей на рассматриваемой территории.

В каждом из двух субрегионов Русского центра [14] имеется свой древний центр культуры строительства монастырей: в северном дальнем Подмоскowie это юг Ярославской области (Переславско-Ростовский центр), в южном дальнем Подмоскowie это центральная часть Владимирской области (Владими́ро-Суздальский центр).

Русский Запад выделяется внутрорегиональной дифференциацией потенциала привлекательности, что связано с его приграничным положением. До восточных частей современных Брянской и Смоленской областей доходило культурное влияние центра, но на западе региона данное влияние ослабевает, монастыри там появляются поздно и в основном выполняют роль боевых крепостей. Более того, расположение территории в католическом Великом Княжестве Литовском на протяжении долгого времени лимитировало как популярность монастырей, так и появление крупных подвижнических фигур.

Русский Юг (а именно его ближняя часть) – типичная область фронтирного освоения. Для него, как и для Русского Запада, была характерна достаточно неупорядоченная и неустойчивая христианизация населения, а также достаточно позднее, дворянско-усадебное глубинное освоение территории [14]. Именно эта постфронтирная, переселенческая, не очень плотно освоенная, но при этом с заметным присутствием относительно образованного дворянского населения территория послужила одним из очагов русского старчества в XIX в. (Площанская и Белобережская пустыни);

3) *Природный.* Данный фактор в потенциале привлекательности монастырей для посещения выполняет как стимулирующие, так и лимитирующие функции. Так, природный фактор играет определяющую роль в создании сети локальных центров пещерных монастырей в областях Черноземья. Лимитирующая функция природного фактора наиболее ярко проявляется в Ивановской области, расположенной на болотистом и относительно слабо заселенном Волго-Клязьминском междуречье. Как следствие, несмотря на положение между Переславско-Ростовским и Влади́ро-Суздальским центрами православного подвижничества, строительство монастырей на территории Ивановской области началось лишь на рубеже XIV–XV вв. и не приобрело крупных масштабов;

4) *Расселенческий.* Фактор расселения на рассматриваемой территории особенно заметен в южных регионах в области позднего освоения. На данной территории наиболее старые монастыри приурочены к крупным городам, что связано опять же со строительством на данной территории городов «сверху» во время выстраивания оборонительных линий. В эти города из центра активно отправлялись святители, устраивавшие

монастыри. Наиболее известные из этих святителей (Митрофан Воронежский, Питирим Тамбовский, Иоасаф Белгородский, Поликарп Брянский) впоследствии были причислены к лику святых;

5) *Административный*. В каждом из 17 административных центров регионов Центральной России расположены монастыри (из них в 13 более 1), суммарно таких монастырей 52 (21 % всех монастырей ЦФО). Выделение монастырей в административных центрах происходит вследствие их относительно высокой концентрации, среднее значение КПМ монастырей в целом и в административных центрах различается незначительно (0,46 и 0,47 соответственно).

На рассматриваемой нами территории было выявлено 280 направлений, посещаемых паломниками хотя бы однократно на протяжении года. В качестве основных показателей для анализа привлекательности направления для паломничества использовались количество регионов-экспортеров паломнических групп, а также доля поездок из родного региона. Поскольку сама численность поездок зависит преимущественно от активности паломнических служб конкретных епархий, в нашем анализе данный показатель не использовался.

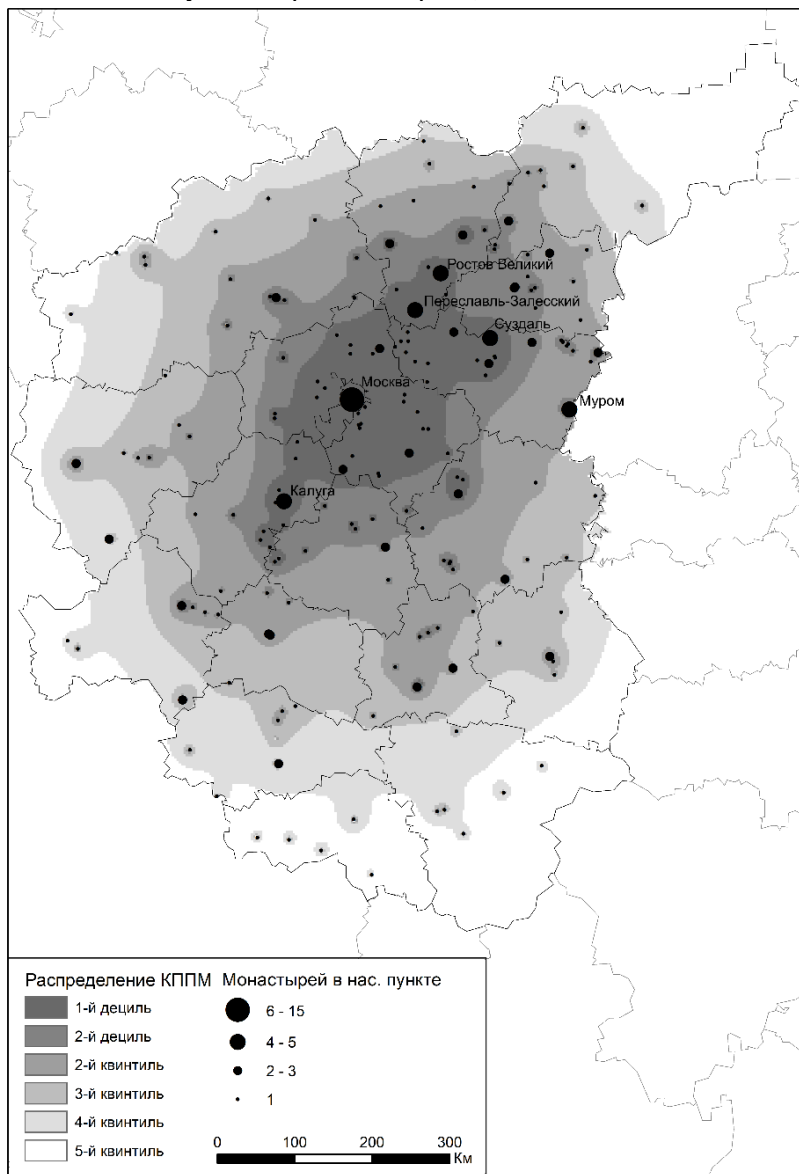


Рис. 1. Поле потенциала
коэффициента привлекательности монастырей, 2023 г.
Fig. 1. Potential field
of the monastery attractiveness coefficient, 2023

Общая структура направлений религиозного туризма в Центральной России имеет достаточно четкую центр-периферийную структуру, осложненную несколькими крупными субцентрами. Основная зона развития паломничества и религиозного туризма в Центральной России своей формой напоминает дугу, протянутую в субмеридианальном направлении северной оконечности Золотого Кольца на северо-востоке до комплекса святых мест Оптиной Пустыни. Сама основная зона также неоднородна, в ней можно выделить районы, связанные между собой общей сетью маршрутов.

«Сердце» основной зоны занимает большую часть Московской области и север Калужской. Московский центр неоднороден, его ядрами являются Москва и Сергиев Посад, которые дополняются «ожерельем» подмосковных городов с крупными монастырями и важными святынями: Можайском, Истрой, Звенигородом, Серпуховом, Коломной. Особняком в этом списке стоит Кубинка, ставшая важным центром паломничества только в 2020 г. после строительства Главного храма Вооруженных сил РФ. Сергиев Посад также имеет свое «малое ожерелье», ассоциированное с жизнью и деятельностью Сергия Радонежского: Хотьково, Радонеж, источник Гремячий Ключ. Лишь восток Московского региона остается «выключен» из центра.

На юге зоны, на пограничье Калужской и Тульской областей, расположен *Оптинский субцентр*, концентрирующийся вокруг трех основных монастырей: Оптиной Пустыни, Казанской пустыни в Шамордино и пустыни Спаса Нерукотворного в Клыково. Данный субцентр характеризуется своей относительной новизной, он сформировался в XIX в. вокруг деятельности оптинских старцев, а свою современную трехчастную структуру

получил лишь в 2000-е гг. с основанием монастыря в Клыково. Данный центр характерен прежде всего своей поляризованностью, вокруг него практически отсутствуют меньшие по размеру дестинации, что свидетельствует об относительной молодости данного центра, а также об его «смысловом» наполнении: старцы-харизматы проживали лишь в нескольких населенных пунктах, и за их пределами новых центров «по аналогии» не возникало.

К северо-востоку от Московского располагается Переславско-Годеновский субцентр. Данный центр характеризуется наличием двух «альтернативных» друг другу групп дестинаций. В состав данного субцентра входят города Золотого кольца – Переславль-Залесский и Ростов Великий, эти дестинации гораздо более популярны среди секулярных туристов. Параллельно с этими центрами функционирует комплекс дестинаций вокруг одной святыни – Годеновского креста (села Годеново, Антушково), посещаемый преимущественно паломниками.

Восточную оконечность основной зоны окаймляет Владимиро-Суздальский субцентр, наиболее старый на территории Центральной России. Он характеризуется несколькими значительными дестинациями, тем не менее менее популярными чем другие крупные дестинации основной зоны развития паломничества и религиозного туризма. Данный субцентр популярен прежде всего как важнейший культурно-исторический комплекс в составе Золотого кольца России, и его духовное значение в настоящее время постепенно отходит на второй план. На востоке Владимирской области есть крупный паломнический центр значения – Муром, однако мы не относим его к Владимиро-Суздальскому субцентру, поскольку вследствие своего положения на трассе Москва – Нижний Новгород по направлению туристских потоков он относится скорее к Дивеевскому центру, чем к Владимиро-Суздальскому, именно транзитным положением частично объясняется его популярность.

С севера основную зону венчает Ярославско-Костромской субцентр – еще одно скопление исторических монастырских дестинаций, схожее с Владимиро-Суздальским, но выделяющееся наличием очень крупного центра вокруг Толгского монастыря, а также «обрамлением» в виде большого количества локальных, преимущественно храмовых, центров. Как и Владимиро-Суздальский субцентр, он расположен на Золотом Кольце и более популярен среди массового туриста, чем среди паломников.

Периферия рассматриваемой нами территории крайне неоднородна, на ее территории также можно выделить локальные субцентры.

На северо-западе территории, в Тверской области, сформировался Верхневолжско-Тверецкий субцентр, тяготеющий к двум главным водным артериям региона: Волге и Тверце. Субцентр характеризуется своей полицентричностью, крупные и средние дестинации относительно равномерно распределены по всей центральной части Тверской области. Это главный «водный» паломнический центр Центральной России, наиболее популярные дестинации данного субцентра так или иначе связаны с водой: Нило-Столобенская пустынь и Осташков на озере Селигер, Оковецкий источник.

Крупнейший субцентр юга Центральной России – Елецко-Задонский. Данный субцентр бицентричен, с доминантой в Задонске и субдоминантой в Ельце, он дополняется расположенным на севере Липецкой области скоплением региональных паломнических центров Лебедянского района: Лебедянь, Троекурово, Сезенево. Дестинации данного субцентра возникли преимущественно вокруг почитания святых, живших в XVIII–XIX вв.

На юге территории располагается самый протяженный в широтном направлении субцентр – Дивногорско-Костомаровский, простирающийся через всю Белгородскую и западную часть Воронежской областей. Образующими данный субцентр дестинациями выступают уникальные для данной местности пещерные монастырские комплексы. Для этого субцентра характерно расположение крупных паломнических центров на относительно большом расстоянии друг от друга, а также большая доля локальных центров секулярного паломничества, связанных с событиями Великой Отечественной войны (рис. 2).

Заметим, что периферийная, в особенности западная и южная, части рассматриваемой территории характеризуются большим количеством локальных центров, в то время как доля подобных центров в основной зоне развития религиозного туризма значительно ниже. Формирование центров разного типа по охвату напрямую зависит как от историко-географических, так и от социально-экономических особенностей местности. В условиях наличия обширного комплекса старых традиционных паломнических центров при относительно небольшой доле сельского населения практически не формируется локальных центров. Напротив, при достаточно большой удаленности от паломнических центров при большой доле сельского населения на территории формируются относительно равномерно распределенные по территории паломнические центры локального и регионального значения.

Другое важное отличие периферии (в особенности запада и юга рассматриваемой территории) – это высокая доля локальных центров, в которые ездят только из данного региона. В целом из рассматриваемых 170 локальных центров доля «родных» составляет $\frac{3}{4}$, но в приграничных регионах (Смоленская, Брянская, Курская области) может превышать 90 %. Подобная ситуация может быть связана и с экономической ситуацией в регионе: в условиях относительно низких доходов паломнические службы предпочитают организовывать более доступные и менее затратные, часто однодневные поездки в пределах своего региона. Для основной зоны развития паломничества и религиозного туризма характерна пониженная доля прибытий из собственных регионов, в том числе при сопоставлении дестинаций равных рангов по количеству регионов прибытия.

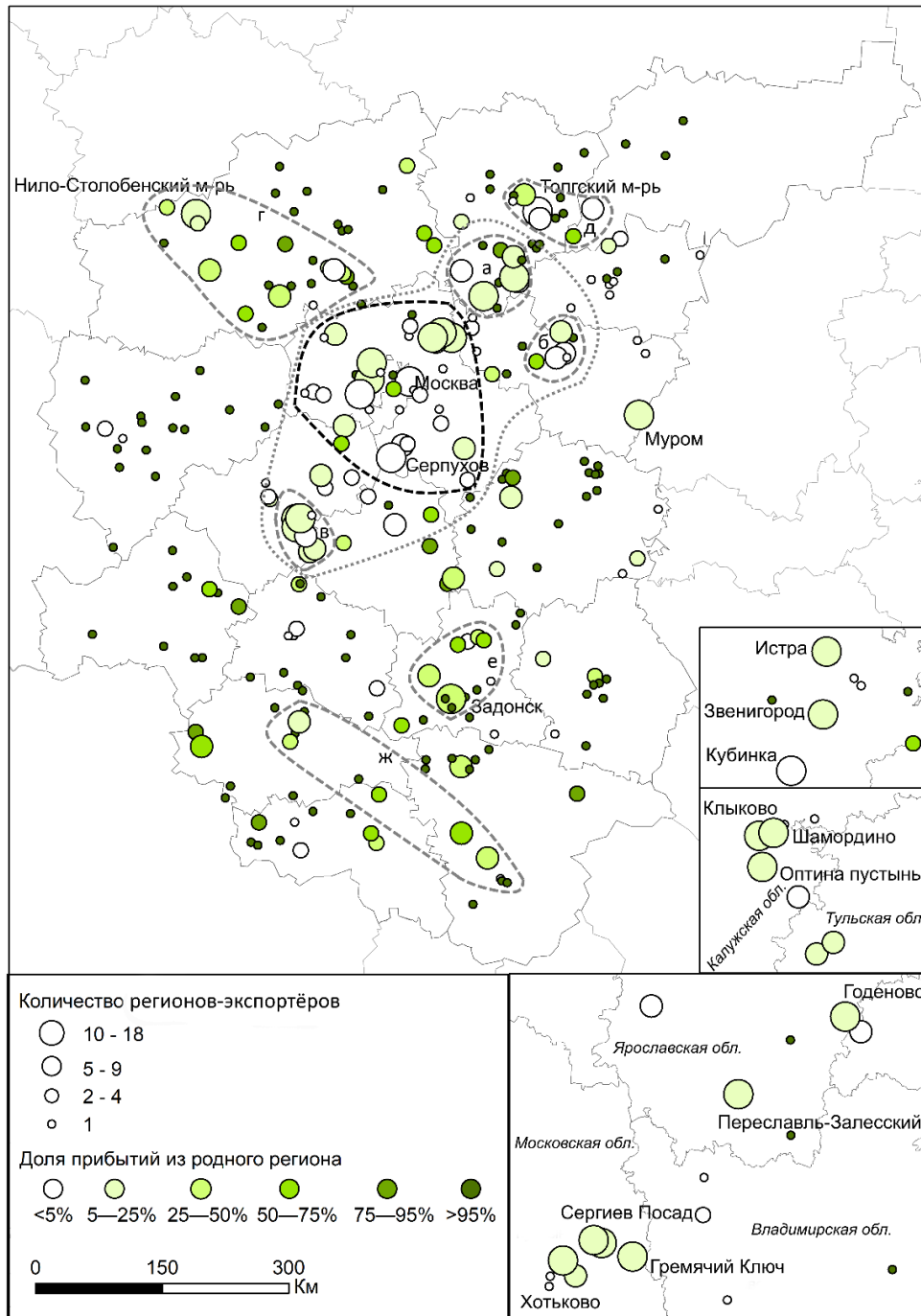


Рис. 2. Размерность направлений религиозного туризма в Центральной России по количеству регионов-экспортеров паломников, 2023 г.

Серой пунктирной линией обозначена основная зона развития паломничества и религиозного туризма, черной штриховой – Московский центр, серой штриховой – субцентры: Переславско-Годеновский (а), Владимиро-Суздальский (б), Оптинский (в), Верхневолжско-Тверецкий (г), Ярославско-Костромской (д), Липецко-Задонский (е), Дивногорско-Костомаровский (ж)

Fig. 2. The dimension of religious tourism destinations in Central Russia by number of regions exporting pilgrims, 2023.

The gray dotted line indicates the main area of the pilgrimage and religious tourism development, the black dashed line indicates the Moscow center, the gray dashed line indicates the subcentres: Pereslavl-Godenovo (a), Vladimir-Suzdal (b), Optina (v), Verkhnevolzhsk-Tveretsky (g), Yaroslavl-Kostroma (d), Lipetsk-Zadonsk (e), Divnogorsk-Kostomarov (zh)

В своем распределении по типам населенных пунктов дестинации образуют определенную закономерность (рис. 3).

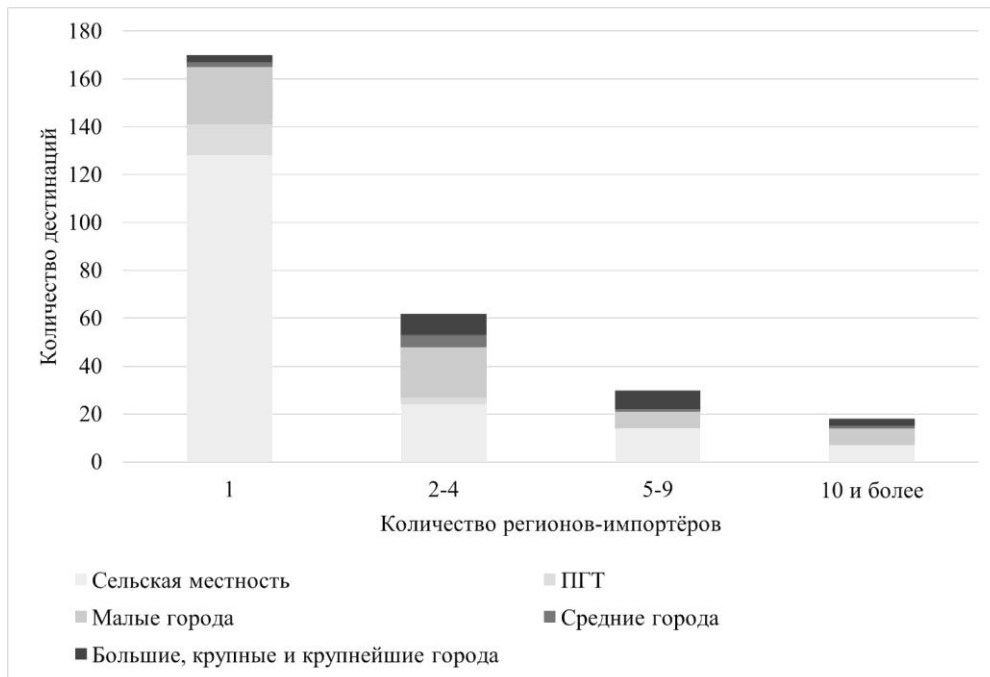


Рис. 3. Распределение дестинаций религиозного туризма по типам населенных пунктов
Fig. 3. Distribution of religious tourism destinations by type of settlements

Локальные центры представлены преимущественно сельскими населенными пунктами, как правило, центром этой дестинации является принимающий паломников сельский храм либо небольшой монастырь, либо его подворье, к этому типу относится и большинство святых источников. Среди средних и крупных центров религиозного туризма доля городов с населением свыше 100 тыс. чел. значительно повышена, поскольку в данных дестинациях помимо собственно святых располагаются другие притягательные объекты. Для центров этого типа важную роль играет также фактор центральности и инфраструктуры: крупные города куда более известны и гораздо лучше связаны, через них проще разрабатывать маршруты, кроме того, при создании продолжительного маршрута крупный город, в особенности центр региона, оказывается важным транзитным пунктом. Среди крупнейших центров доля крупных городов ниже: во-первых, святые места часто выступают «центром извне» [30], они относительно отдалены от «мирских» центров жизни, во-вторых, если святое место столь важно для паломников, то его популярность и посещаемость не зависит от его отдаленности. Подобными «центрами извне» можно считать, например, монастыри Оптинского субцентра, Нило-Столобенскую пустынь, комплекс, связанный с почитанием Годеновского креста на пограничье Ярославской и Ивановской областей.

Выводы

1) Центральным объектом паломничества является святое место, воспринимаемое людьми как место контакта с трансцендентным миром. Различные характеристики компонентов святого места непосредственно влияют на его значимость как для паломников, так и для туристов. Через изучение особенностей святых мест территории можно судить о потенциально возможных характеристиках паломнических и туристских потоков на рассматриваемой территории.

2) Территориальная организация паломничества и религиозного туризма в Центральной России носит ярко выраженную центр-периферийную структуру. Ядро повышенной привлекательности сформировалось вокруг Московского региона и традиционных исторических центров Северо-Восточной Руси и значительно контрастирует с периферией, особенно обширной на западе и юге рассматриваемой территории, где потоки паломников менее интенсивны и носят преимущественно локальный характер.

3) Пространственное распределение паломнических дестинаций и их потенциал напрямую зависит от комплекса факторов. Ключевыми из них являются этапы исторического освоения территории, формирование сети древних монастырских центров и культурно-географическая дифференциация макрорегионов, для крупных центров это также административный ранг населенного пункта, дополнительными – система расселения, природные условия.

4) На территории Центральной России сформировался ряд субцентров с относительно высоким уровнем развития паломничества и религиозного туризма, отличающихся как по региональному охвату, так и по типу основных почитаемых объектов. Так, субцентры севера ядра (Владими́ро-Суздальский, Ярославско-

Костромской, во многом Московский) образовались вокруг старых крупных монастырей, имеющих не только религиозное, но и важное историко-культурное значение. На юге ядра субцентры формировались вокруг личностей святых, живших в XVIII–XIX вв. (Оптинский, Елецко-Задонский). На периферии региона располагаются субцентры с важным физикогеографическим компонентом: Верхневолжско-Тверецкий субцентр, дестинация которого тесно связана с реками, озерами, источниками севера Центральной России, и Дивногорско-Костомаровский субцентр, ядром которого являются уникальные для региона пещерные монастыри.

5) Выявлена зависимость между рангом дестинации и численностью населенного пункта. Для рангов дестинаций от локального до крупного наблюдается прямая зависимость, детерминированная фактором транспортной и административной центральности более крупных населенных пунктов. Для крупнейших дестинаций зависимость обратная, она определяется степенью почитаемости святого места.

6) Предложенная методика расчета комплексного показателя привлекательности монастыря (КПМ) и потенциала поля монастыря доказывает свою эффективность для пространственного анализа. Она позволяет количественно оценить и визуализировать ресурсный потенциал территории для развития религиозного туризма, выявить структуру территориальной организации отрасли.

Библиографический список

1. *Абасова А. А.* К вопросу о развитии религиозного туризма в Республике Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2. С. 161–167. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-161-167 EDN: XINZQB
2. *Александрова А. Ю.* География туризма. М.: КноРус, 2010. 592 с. ISBN: 978-5-406-00740-2 EDN: SUNUIF
3. *Бабкин А. В.* Специальные виды туризма: учебное пособие. Ростов-н/Д, 2008. 117 с.
4. *Байнова М. С.* Религиозный туризм как ресурс развития российских городов: социологическая оценка // Социальная политика и социология. 2017. Т. 16, № 4(123). С. 51–58. DOI: 10.17922/2071-3665-2017-16-4-51-58 EDN: ZWUECL
5. *Балабейкина О. А., Вишняков А. П., Гаврилова К. С., Таланцева П. А.* Использование культово-культурной инфраструктуры в целях развития внутреннего туризма (на примере Вологодской области) // Экономические и социальные проблемы России. 2024. № 4. С. 90–105. DOI: 10.31249/espr/2024.04.05 EDN: XDAKIT
6. *Балабейкина О. А.* Религиозный туризм в регионе: современное состояние и перспективы развития (на примере Волгоградской области) // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2020. Т. 22, № 1. С. 83–94. DOI: 10.15688/ek.jvolsu.2020.1.8 EDN: WKFRUJ
7. *Балабейкина О. А., Власова М. А., Гаврилова К. С.* Роль религиозного туризма в экономике Тверской области: опыт комплексного исследования // Вестник Тверского государственного университета. Серия Экономика и управление. 2021. № 3(55). С. 109–120. DOI: 10.26456/2219-1453/2021.3.109-120 EDN: VOWPMQ
8. *Балабейкина О. А., Гаврилова К. С., Кузнецова Ю. А.* Религиозный туризм как составляющая брендинга Архангельской области // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2021. № 3. С. 118–127. DOI: 10.37614/2220-802X.3.2021.73.008 EDN: FENHFU
9. *Бондаренко Д. В.* Аспекты правового регулирования паломничества и религиозного туризма на современном этапе // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2015. № 3. С. 14–20. DOI: 10.12737/12525 EDN: UGCGPP
10. *Григоренко Т. Н.* Проблемы и перспективы развития религиозного туризма в Ростовской области // Сервис в России и за рубежом. 2021. Т. 15, № 3. С. 156–164. DOI: 10.24412/1995-042X-2021-3-156-164 EDN: WTWIWY
11. *Евдокимов М. Ю., Евдокимова Е. В.* Особенности развития религиозного туризма староосвоенных регионов России // Природа и общество: в поисках гармонии: сборник научных статей: материалы докладов, Смоленск, 2018. № 4. С. 68–78. EDN: YQINFV
12. *Етеев О. А.* Карта потенциала поля расселения как особый вид изображения населенности территории // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1969. № 2. С. 72–76.
13. *Житенёв С. Ю.* Религиозное паломничество в христианстве, буддизме и мусульманстве: социокультурные, коммуникационные и цивилизационные аспекты. М.: Издательство «Индрик», 2012. 264 с. ISBN: 978-5-91674-159-9 EDN: QVXLNF
14. *Иванова А. А.* Сакральное место как исследовательская категория (по полевым материалам севернорусского и волговытского регионов) // Кенозерские чтения – 2016: «Деревянная архитектура в культурном ландшафте: вызовы современности»: сборник материалов VIII Международной научнопрактической конференции / сост. М. Н. Мелютин; отв. ред. Е. Ф. Шатковская. Архангельск: ФГБУ «Национальный парк “Кенозерский”», 2017. С. 192–204.
15. *Калуцков В. Н.* Прикладное культурно-географическое районирование России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 6. С. 30–39.
16. *Коновалова Е. Е., Завойская А. А.* Организация и развитие паломнического туризма в Кировской области // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2010. № 5–2. С. 159–166. EDN: RSQIEV
17. *Липатова А. П.* «Центр» и «периферия» в сакральной географии: соотношение нарративов (на материале Ульяновского Присурья) // Традиционная культура. 2006. № 4(24). С. 25–32. EDN: KPAVNF
18. *Лустина Т. Н., Панова А. Г., Бокарева Е. В., Смирнова Е. Г., Кезикова Т. С.* Направления развития религиозного туризма (на примере Ленинградской области) // Сервис Plus. 2021. Т. 15, № 1. С. 10–17. DOI: 10.24411/2413-693X-2021-10102 EDN: MOZNEZ
19. *Печерица Е. В., Шарафанова Е. Е.* Паломнический туризм: сущностные аспекты // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 572–579. EDN: TGQMIX
20. *Прокопенко Т. А.* Экономико-географический и исторический аспекты развития религиозного туризма (на примере Русской Православной Церкви): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. Краснодар, 2007. 26 с. EDN: ZNNVQL
21. *Сафронов С. Г.* «География» русского православного старчества XVIII – начала XX вв. // Вестник исторической географии. М.: Эслан, 2005. Вып. 3. С. 138–160. EDN: VRZYYN

22. Стрельникова М. А. Факторы развития религиозного туризма в Липецкой области // Вопросы отраслевой экономики. 2023. № 3. С. 57–63. DOI: 10.24888/2949-2793-2023-3-57-63 EDN: ZZDXPU
23. Туровский Р. Ф. Русское православное подвижничество как географический процесс // Проблемы этнической географии и культурного районирования. Псков: Издательство АНО «Центр социального проектирования «Возрождение», 2004. С. 62–82.
24. Христов Т. Т. Религиозный туризм. М.: «Издательство ЮРАЙТ», 2020. 339 с. ISBN: 978-5-534-13125-3 EDN: LGONPC
25. Цой М. Е., Щеколдин В. Ю. Развитие религиозного туризма в Новосибирской области как туристской дестинации // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. Т. 7, № 2(62). С. 265–267. EDN: UKXXSP
26. Эльдаров Э. М., Гусенова Д. А. Религиозный туризм в Дагестане: вопросы теории и практики // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 3. Общественные науки. 2022. Т. 34, Вып. 4. С. 111–116. DOI: 10.21779/2500-1930-2022-37-4-111-116 EDN: DJFHIS
27. Collins-Kreiner N. Geographers and pilgrimages: changing concepts in pilgrimage tourism research // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. 2009. № 101(4). С. 437–448. DOI: 10.1111/j.1467-9663.2009.00561.x
28. Eade J., Albera D. Pilgrimage Studies in Global Perspective // New Pathways in Pilgrimage Studies. London: Routledge, 2017. С. 1–17.
29. Mishchenko O. V. Classification scheme of sacred landscapes // European Journal of Geography. 2018. № 9(4). С. 62–74. EDN: QYDHCB
30. Turner V. The center out there: Pilgrim's goal // History of religion. 1972. № 12(3). С. 191–230.

References

1. Abasova A. A. On the issue of the development of religious tourism in the Republic of Dagestan. *South of Russia: ecology, development*, 2023, vol. 18, no 2, pp.161–167. (In Russ.) DOI 10.18470/1992-1098-2023-2-161-167
2. Aleksandrova A.Yu. *Geografiya turizma* [Geography of Tourism]. Moscow: KnoRus, 2010. 592 p. (In Russ.)
3. Babkin A. V. *Spetsial'nye vidy turizma* [Special types of tourism]. Rostov-on-Don: KnoRus, 2008. 117 p.
4. Bainova M.S., 2017. Religious Tourism As a Resource for the Development of Russian Cities: A Sociological Assessment. *Social Policy and Sociology*, vol. 16, no. 4(123), pp.51–58. (In Russ.) DOI 10.17922/2071-3665-2017-16-4-51-58
5. Balabeikina O. A., Vishnyakov A. P., Gavrilova K. S., Talantseva P. A. The use of religious and cultural infrastructure for the development of domestic tourism (the case of Vologda Region). *Economic and Social Problems of Russia*, no. 4, 2024, pp.90–105. (In Russ.) DOI 10.31249/espr/2024.04.05
6. Balabeykina O. A., Religious Tourism in a Region: Current State and Prospects of Development (Based on Volgograd Region). *Journal of Volgograd State University. Economics*, 2020, vol. 22, no. 1, pp. 83–94. (In Russ.) DOI 10.15688/ek.jvolsu.2020.1.8
7. Balabeykina O. A., Vlasova M. A. Gavrilova K. S. The role of religious tourism in the economy of the Tver region: experience of comprehensive research. *Bulletin of Tver State University. Series Economics and Management*, 2021. no. 3, pp.109–120. (In Russ.) DOI 10.26456/2219-1453/2021.3.109-120
8. Balabeykina O. A., Gavrilova K. S., Kuznetsova Ju. A. Religious tourism as a component of the branding of the Arkhangelsk region. *The North and the Market: Forming the Economic Order*, 2021, no. 3, pp. 118–127. (In Russ.) DOI 10.37614/2220-802X.3.2021.73.008
9. Bondarenko D. Regulatory aspects of pilgrimage and religious tourism at the present stage. *Universities for Tourism and Service Association Bulletin*, 2015. no. 3. pp. 14–20. (In Russ.) DOI 10.12737/12525
10. Grigorenko T. N., Religious tourism in Rostov region: the problems and development prospects. *Services in Russia and Abroad*, 2021, vol. 15, no. 3, pp.156–164. (In Russ.) DOI 10.24412/1995-042X-2021-3-156-164
11. Evdokimov M.Yu., Evdokimova E.V. Osobennosti razvitiya religioznogo turizma staroosvoennykh regionov Rossii [Features of the development of religious tourism in the old-developed regions of Russia]. In *Priroda i obshchestvo: v poiskakh garmonii, Sbornik nauchnykh statei: materialy dokladov*, Smolensk, 2018, no. 4, pp.68–78. (In Russ.)
12. Evteev O. A., Karta potentsiala pola rasseleniya kak osobyiy vid izobrazheniya naseleynosti territorii [Map of the potential of the settlement field as a special type of image of the population of the territory]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya geografiya*, 1969, no. 2, pp. 72–76. (In Russ.)
13. Zhitenyov S. Y. *Religioznoe palomnichestvo v khristianstve, buddizme i musul'manstve: sotsiokul'turnye, kommunikatsionnye i tsivilizatsionnye aspekty* [Religious pilgrimage in Christianity, Buddhism and Islam: sociocultural, communication and civilizational aspects]. Moscow: Indrik, 2012. 264 p. (In Russ.)
14. Ivanova A. A. Sakral'noe mesto kak issledovatel'skaya kategoriya (po levym materialam severnorusskogo i volgovyatskogo regionov) [The sacred place as a research category (based on field materials from the North Russian and Volga-Vyatka regions)]. In *Kenozerskie chteniya – 2016: «Derevyannaya arkhitektura v kul'turnom landshafte: vyzovy sovremennosti»: sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoi nauchnoprakticheskoi konferentsii*. Arkhangelsk: FGBU «Natsional'nyy park “Kenozersky”», 2017, pp. 192–204. (In Russ.)
15. Kalutskov V. N. Prikladnoe kul'turno-geograficheskoe raionirovanie Rossii [Applied cultural-geographical zoning of Russia]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, 2015, no. 6, pp. 30–39. (In Russ.)
16. Konovalova E. E., Zavoyskaya A. A. Organizatsiya i razvitie palomnicheskogo turizma v Kirovskoy oblasti [Organization and development of pilgrimage tourism in the Kirov region]. *Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: novyy vzglyad*, 2010, no. 5–2, pp. 159–166. (In Russ.)
17. Lipatova A. P. «Tsentr» i «periferiya» v sakral'noy geografii: sootnoshenie narrativov (na materiale Ul'yanovskogo Prisureya) [“Center” and “periphery” in sacred geography: the correlation of narratives (based on the material of the Ulyanovsk Prisuree)]. *Traditsionnaya kul'tura*, 2006, no. 4(24), pp. 25–32. (In Russ.)

18. Lustina T. N., Panova A. G., Bokareva E. V., Smirnova E. G., Kezikova T. S., Bakhvalova O. A Religious tourism development (on the example of the Leningrad region). *Servis Plus*, 2021, vol. 15, no. 1, pp. 10–17. (In Russ.) DOI 10.24411/2413-693X-2021-10102
19. Pecheritsa E. V., Sharafanova E. E. Palomnicheskiy turizm: sushchnostnye aspekty [Pilgrimage tourism: essential aspects]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 6, pp.572–579. (In Russ.)
20. Prokopenko T. A. *Ekonomiko-geograficheskiy i istoricheskiy aspekty razvitiya religioznogo turizma (na primere Russkoy Pravoslavnoy Tserkvi)* [Economic-geographical and historical aspects of the development of religious tourism (on the example of the Russian Orthodox Church)]. Extended abstract of Cand.Sc. dissertation: 25.00.24. Krasnodar, 2007, 26 p. (In Russ.)
21. Safronov S. G. «Geografiya» russkogo pravoslavnoy starchestva XVIII – nachala XX vv. ["Geography" of Russian Orthodox eldership of the 18th – early 20th centuries]. In *Vestnik istoricheskoy geografii, seriya 3. Moscow: Eslan*, 2005, pp. 138-160. (In Russ.)
22. Strelnikova M. A. Factors of religious tourism development in the Lipetsk region. *Voprosy otraslevoy ekonomiki*, 2023, no. 3, pp. 57–63. (In Russ.) DOI 10.24888/2949-2793-2023-3-57-63
23. Turovskiy R. F. Russkoe pravoslavnoe podvizhnichestvo kak geograficheskiy protsess [Russian Orthodox asceticism as a geographical process]. In *Problemy etnicheskoy geografii i kul'turnogo raionirovaniya*. Pskov: Izdatel'stvo ANO «Tsentr sotsial'nogo proektirovaniya «Vozrozhdenie», 2004, pp. 62–82. (In Russ.)
24. Khristov T. T. *Religioznyy turizm* [Religious tourism]. Moscow: Yurayt, 2020, 339 p. (In Russ.)
25. Tsoi M. E., Shchekoldin V. Y. Razvitie religioznogo turizma v Novosibirskoy oblasti kak turistskoy destinatsii [Development of religious tourism in the Novosibirsk region as a tourist destination]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, vol. 7, no. 2, pp. 265–267. (In Russ.)
26. Eldarov E. M., Gusenova D. A. Religioznyy turizm v Dagestane: voprosy teorii i praktiki [Religious tourism in Dagestan: questions of theory and practice]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Obshchestvennye nauki*, 2022, vol. 34, Issue 4, pp. 111–116. (In Russ.)
27. Collins-Kreiner N. Geographers and pilgrimages: changing concepts in pilgrimage tourism research. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2009, no. 101(4), pp. 437–448.
28. Eade J., Albera D. Pilgrimage Studies in Global Perspective. In: *New Pathways in Pilgrimage Studies*. London: Routledge, 2017, pp.1–17.
29. Mishchenko O.V. Classification scheme of sacred landscapes. *European Journal of Geography*, 2018, no. 9(4), pp. 62–74.
30. Turner V. The center out there: Pilgrim's goal. *History of religions*, 1972, no. 12(3), pp. 191–230.

Статья поступила в редакцию: 15.09.25, одобрена после рецензирования: 26.12.25, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 15 September 2025; approved after review: 26 December 2025; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторе

Григорий Александрович Зырянов

Аспирант,

Московский государственный университет

имени М. В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: ziryarov.geo@gmail.com

Information about the author

Grigorii A. Zyryanov

Postgraduate Student,

Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Научная статья

УДК 528.94

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-184-197

EDN: AQWWFY

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ПЕРМСКОГО КРАЯ
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕАНАЛИЗА****Сергей Васильевич Пьянков¹, Ринат Камилевич Абдуллин², Андрей Владимирович Тарасов³,
Иван Андреевич Кусакин⁴, Надежда Андреевна Сторожук⁵, Андрей Николаевич Шихов⁶**^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия¹ pyankovsv@gmail.com² rinaha-26@mail.ru³ andrew.tarasov1993@gmail.com⁴ ivan.4732777@gmail.com⁵ nadysstor@gmail.com⁶ shikhovan@gmail.com

Аннотация. Картографирование является важным методом изучения современных изменений климата и их последствий, поскольку позволяет выявлять пространственные закономерности наблюдаемых процессов и учитывать их при разработке мероприятий по адаптации. В последнее десятилетие доступность климатических данных, в том числе с высоким пространственным и временным разрешением, многократно увеличилась. В настоящей работе рассматривается применение разных источников данных, таких как реанализы, продукты высокого разрешения на основе данных метеостанций, многолетние архивы спутниковых наблюдений или сетей грозопеленгации для картографирования современных изменений климата на уровне отдельного региона, на примере Пермского края. Создана серия карт (более 40 карт) современного изменения климата, которая будет основой атласа изменений климата и климатических опасностей Уральского Прикамья. Созданные карты характеризуют повторяемость отдельных метеорологических явлений, среднемноголетние климатические показатели, повторяемость климатических экстремумов, тренды средних и экстремальных значений климатических переменных, пространственное распределение локальных конвективных явлений погоды. Определены подходящие источники данных для создания каждой группы карт. Выявлены закономерности изменения основных климатических переменных по территории края в период с 1981 по 2024 гг. Созданные карты опубликованы на онлайн-картографическом сервисе «Изменения климата Пермского края» (<https://perm-climate.gispsu.ru>).

Ключевые слова: изменение климата, картографирование, данные метеостанций, данные реанализа, средние многолетние значения, климатические экстремумы, тренды

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке РНФ и Пермского края (проект № 25-27-20113).

Для цитирования: Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н. Картографирование изменений климата Пермского края на основе данных наблюдений и реанализа // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 184–197. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-184-197 EDN: AQWWFY

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-184-197

EDN: AQWWFY

**MAPPING CLIMATE CHANGE IN THE PERM REGION BASED ON OBSERVATIONS
AND REANALYSIS DATA****Sergey V. Pyankov¹, Rinat K. Abdullin², Andrey V. Tarasov³, Ivan A. Kusakin⁴, Nadezhda A. Storozhuk⁵,
Andrey N. Shikhov⁶**^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Perm State University, Perm, Russia¹ pyankovsv@gmail.com² rinaha-26@mail.ru³ andrew.tarasov1993@gmail.com⁴ ivan.4732777@gmail.com⁵ nadysstor@gmail.com⁶ shikhovan@gmail.com

© Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н., 2026

Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. Mapping is an important method for studying ongoing climate change and its impacts, as it allows us to identify spatial patterns in observed processes and take them into account when developing adaptation measures. In the last decade, the availability of climate data, including those with high spatial and temporal resolution, has sharply increased. This study examines the use of various data sources, such as reanalyses, high-resolution products based on weather station data, long-term satellite observation archives and lightning detection networks data to map modern climate change at the regional scale, on the example of the Perm region. A series of maps (more than 40 maps) of climatic variables has been developed, which will form the basis for an atlas of climate change and climate hazards in the Ural Kama region. The resulting maps characterize the frequency of various weather events, average long-term climate indicators, the frequency of climate extremes, trends in mean and extreme values of climate variables, and the spatial distribution of local convective weather events. Suitable data sources for developing each group of maps are identified. Patterns of change in key climate variables across the region were identified from 1981 to 2024. The resulting maps were published on the web-GIS "Climate Change in Perm Krai" (<https://perm-climate.gispsu.ru>).

Keywords: climate change, mapping, weather station data, reanalysis data, long-term averages, climate extremes, trends

Funding. This study was funded by the Russian Science Foundation and Perm Krai (Project No. 25-27-20113).

For citation: Pyankov S. V., Abdullin R. K., Tarasov A. V., Kusakin I. A., Storozhuk N. A., Shikhov A. N. Mapping climate change in the Perm Region based on observations and reanalysis data. *Geographical Bulletin*, 2026. no. 1(76), pp. 184–197. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-184-197 EDN: AQWWFY

Введение

Картографирование изменений климата представляет собой динамично развивающееся научное направление, в рамках которого создаются различные атласы и онлайн-картографические сервисы, а результаты исследований широко применяются при разработке мероприятий по адаптации к негативным последствиям потепления. Однако ранее реализованные проекты достаточно быстро устаревают как в связи с продолжающимся потеплением, актуализацией климатических норм, так и по причине появления новых информационных ресурсов по данной тематике, которые открывают новые возможности для картографирования.

Традиционно информационной основой картографирования изменений климата были многолетние ряды данных сети метеостанций. Подходы к интерполяции климатических данных с учетом свойств подстилающей поверхности были разработаны в начале 2000-х гг. [13; 29]. Следующим этапом развития данного направления стала разработка глобальных картографических продуктов на основе данных наблюдений. Первым таким продуктом стал WorldClim 2.0 [18]. В рамках этого проекта были собраны и проинтерполированы данные сети метеостанций по всему миру и разработаны алгоритмы даунскейлинга (интерполяции с учетом цифровой модели рельефа, расстояния до побережья и других факторов). В результате получены поля температуры воздуха, количества осадков, скорости ветра, суммарной радиации и биоклиматических переменных за период 1970–2000 гг. с шагом сетки до 1 км. Оперативно обновляемые данные с шагом сетки до 5 км доступны в рамках продолжения данного проекта [20].

Множество работ посвящено картографированию климатических экстремумов по данным сети метеостанций на основе значений индексов экстремальности. Эти индексы рассчитываются по ежедневным значениям минимальной и максимальной температуры воздуха и количества осадков [10; 15]. Для территории России карты климатических экстремумов были впервые представлены в работе [11]. В последующие годы они были неоднократно актуализированы и дополнены [8; 31], в том числе и для территории Урала [27]. Недостатком всех этих работ была редкость сети реперных метеостанций Росгидромета, на основе данных которой строились карты. Всего в России действует чуть более 500 таких метеостанций, а в Пермском крае – всего три.

Ряд работ посвящен картографированию редких или опасных явлений, которые не описываются стандартными индексами экстремальности, таких как заморозки [11], туманы и гололедные явления [4; 30]. Методика картографирования этих явлений также основана на интерполяции данных метеостанций с коррекцией на параметры подстилающей поверхности.

Локальные конвективные явления (сильные ливни, крупный град, шквалы и смерчи) часто пропускаются сетью метеостанций. Их картографирование основано на многолетних рядах как наземных, так и дистанционных наблюдений (спутниковых, радиолокационных, данных грозопеленгации). Сами явления и ущерб от них фиксируются лишь по данным метеостанций или сообщениям об ущербе, распределение которых в пространстве пропорционально численности населения [16]. Дистанционные наблюдения позволяют получить лишь косвенные оценки пространственного распределения этих явлений, которые при этом не зависят от плотности населения. Среди глобальных проектов, данные которых могут использоваться для картографирования, стоит выделить климатологию молниевых разрядов по данным сети грозопеленгации WWLLN [22] и оценку повторяемости мезомасштабных конвективных систем по спутниковым данным [17].

После публикации в открытом доступе данных атмосферных реанализов ERA5 [21] и ERA5-Land [25] с шагом сетки 0,25° и 0,1° соответственно они также стали важнейшим источником данных для климатического картографирования. Реанализы хотя и имеют существенные отклонения от наблюдений, особенно в горной

местности, но являются однородными во времени, что позволяет более адекватно оценивать тренды. Реанализы используются для решения множества задач, связанных с климатическим картографированием, на глобальном уровне и для отдельных регионов. Особенно они важны для картографирования климатических переменных, прямые наблюдения за которыми могут быть нерепрезентативны. Так, по данным ERA5 на глобальном уровне оценивались тренды экстремальных осадков [23], а также частота возникновения условий, благоприятных для опасных конвективных явлений [28]. На региональном уровне данные ERA5-Land используются для картографирования снежного покрова [3; 9].

В современных условиях быстрого изменения климата и увеличения интереса общества к данной проблеме, а также на фоне роста доступности данных появляются новые требования к климатическому картографированию. Актуальным становится отображение на картах не только текущего состояния (климатической нормы), но и многолетних трендов, которые показывают тенденции изменений и их статистическую значимость. Растет интерес к картографированию климатических экстремумов, которые могут меняться быстрее, чем средние значения. Также карты одной и той же переменной могут быть созданы на основе разных источников данных (наблюдений и реанализа), что позволяет провести их взаимную верификацию и выявить недостатки каждого использованного источника данных.

В настоящей работе рассматривается реализация современных подходов к климатическому картографированию на региональном уровне на примере Пермского края. Ранее для территории края уже было реализовано несколько проектов по данной тематике, среди которых наиболее значимыми были Атлас опасных гидрометеорологических явлений [6] и одноименная атласная информационная система [7]. Необходимость актуализации результатов, опубликованных в этих атласах, обусловлена как продолжающимся изменением климата, так и появлением вышеперечисленных информационных ресурсов, которые ранее при картографировании не использовались. Кроме того, появление новых источников данных требует оценки их применимости и ограничений, что также является предметом данного исследования.

Материалы и методы исследования

Для создания карт климатических характеристик и их трендов использовались несколько основных источников данных. Среди них можно выделить многолетние ряды данных сети метеостанций Росгидромета, различные картографические базы данных и продукты, созданные на основе систематизации наземных и спутниковых наблюдений (включая данные об ущербе от опасных явлений погоды), а также данные реанализов.

Данные сети метеостанций Росгидромета получены с 42 метеостанций, из которых 25 находятся в пределах Пермского края, остальные 17 – за его границами (на расстоянии до 100 км). По всем станциям у авторов имелись полные архивы наблюдений за период с 1981 по 2024 г. Средне многолетние характеристики рассчитаны за период 1991–2020 гг., что соответствует современной климатической норме согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации (ВМО). Тренды рассчитаны за период с 1981 по 2024 г., что соответствует современному этапу потепления климата.

Данные проекта Worldclim [20] с шагом сетки 5 км использованы для создания карт средних многолетних значений температуры воздуха (за год и отдельные месяцы) и количества осадков (за теплый, холодный периоды и за год). Карты созданы за два периода осреднения – 1951–1980 гг. (историческая климатическая норма) и 1991–2020 гг. (современная климатическая норма).

База данных ветровалов в лесной зоне России за период с 1986 по 2024 г. [8] применена для картографирования пространственного распределения шквалов и смерчей, вызывающих ветровалы.

Данные реанализа ERA5 [21] использованы для картографирования повторяемости условий, благоприятных для возникновения сильных конвективных штормов. На основе реанализа создана база данных конвективных параметров атмосферы для территории Северной Евразии с шагом по времени 1 ч и с шагом сетки 0,25° [14]. Рассчитанные на ее основе средние значения конвективных переменных и повторяемость экстремумов (условий, благоприятных для возникновения сильных штормов) за летние месяцы 1991–2020 гг., которые и были использованы для создания карт. Более детально методика создания карт и их интерпретация представлена в работе [26].

Данные реанализа ERA5-Land использованы для создания карт высоты и влагозапасов снежного покрова (за 1991–2020 гг.), а также их трендов за период с 1981 по 2024 г. Применимость этих данных была ранее показана в работе [3].

Данные глобальной климатологии молниевых разрядов (World Global Lightning Climatology, WGLC), полученные на основе сети грозопеленгации WWLLN за период 2010–2024 гг. [22], использовались для картографирования молниевой активности. Молниевая активность информативна и для оценки пространственного распределения других опасных явлений погоды, связанных с грозами. Хотя данные WGLC доступны только за 15 лет (в два раза меньше рекомендованного периода осреднения), они были использованы, так как предоставляют принципиально новую информацию о молниевой активности.

Методы картографирования

При картографировании средних многолетних и экстремальных характеристик по данным сети метеостанций важным этапом является выбор метода интерполяции. Применительно к климатическим данным, используют детерминированные, геостатистические методы и методы с учетом внешней переменной, в роли которой обычно используется высота местности [30]. В настоящей работе интерполяция выполнялась средствами ПО ArcGIS (ESRI), с размером ячейки выходных растров 1000 м.

Выбор метода интерполяции определяется свойствами исходных данных. Так, многолетние тренды климатических переменных характеризуются существенно более сглаженным распределением в пространстве, чем сами эти переменные, так как меньше зависят от свойств подстилающей поверхности (что видно и на всех картах, приведенных в разделе «Результаты»). Поэтому для картографирования трендов использован «жесткий» метод интерполяции (сплайн с натяжением) без введения зависимостей от свойств поверхности. Выбор жесткого метода обусловлен тем, что данные измерений на метеостанциях и их тренды не имеют существенных погрешностей, для учета которых имело бы смысл использовать сглаживающие интерполяторы (кригинг или локальные полиномы). Значительное расстояние между ближайшими метеостанциями на территории края (в среднем 53 км) и их относительно равномерное распределение по территории также не препятствуют использованию сплайнов. Сравнение результатов, полученных методами сплайна, локального полинома и ординарного кригинга показывает близкие значения среднеквадратичной ошибки (RMSE).

Карты самих переменных были построены с использованием метода приведенных величин [20; 30]. Его реализация предполагает выявление информативного предиктора, от которого зависит интерполируемая величина (это может быть высота местности или какой-либо иной показатель, который представлен в виде раstra с достаточно высоким разрешением). Далее производится расчет значений в точках метеостанций при условии нулевого значения данного предиктора, интерполяция этих значений (в настоящей работе – методом сплайна с натяжением) и их последующая корректировка по значению предиктора в каждой ячейке сетки. В настоящей работе при создании большинства карт в качестве такого предиктора были использованы поля температуры воздуха и осадков высокого разрешения из проекта WorldClim. В этих данных уже учтено влияние рельефа. Кроме того, для территории Пермского края выявлены сильные корреляции между пространственным распределением средних и соответствующих экстремальных климатических характеристик (например, средней температуры воздуха в июле и повторяемости сильной жары, среднего годового количества осадков и повторяемости сильных дождей). Городской остров тепла г. Перми при картографировании не учитывался, так как он имеет локальный характер.

Тренды на картах были представлены в виде коэффициентов наклона линии тренда (КНЛТ). Для температуры воздуха КНЛТ были выражены в °С за 10 лет, для осадков – в мм за 10 лет или в % за 10 лет, для повторяемости экстремумов – в изменении числа случаев (числа дней) за 10 лет. При построении карт трендов оценивалась их значимость при уровне значимости, равном 0,05.

Результаты и их обсуждение

В результате работы создано более 30 карт различных климатических характеристик для территории края. Они могут быть классифицированы на несколько типов: карты повторяемости метеоявлений (1); карты средних многолетних климатических характеристик и их трендов (2); карты экстремальных климатических характеристик и их трендов (3); карты локальных конвективных явлений (4); карты климатически-обусловленных опасных природных явлений, в частности лесных пожаров и ветровалов (5). Масштабный ряд карт (1:2500000 и 1:500000) аналогичен ранее использованному при создании атласа [5].

К первой группе относятся карты среднего за год числа дней с осадками в виде дождя и снега, а также с грозами и метелями, полученные по данным метеостанций. При создании некоторых карт данного типа (например, повторяемости метелей) возникают сложности в связи с тем, что на данный показатель влияют локальные условия расположения метеостанций – их ветровая защищенность.

Ко второй группе относятся традиционные для региональных атласов карты средних многолетних характеристик температуры воздуха, осадков, снежного покрова, облачности, солнечной радиации и скорости ветра, созданные по данным сети метеостанций, проекта WorldClim и реанализа ERA5-Land (для снежного покрова), а также их трендов (рис. 1–3). По картам трендов были выявлены существенные пространственные неоднородности в пределах края. Так, повышение средней температуры января достаточно выражено на северо-западе края и почти не прослеживается на юго-востоке (рис. 1а), в апреле потепление более выражено на юге (рис. 1б), а в июле – на севере края (рис. 1в). За рассматриваемый период 1981–2024 гг. наблюдалось некоторое снижение суммы осадков за холодный период (с ноября по март) и рост – в теплый период, особенно выраженный на западе края (рис. 2). Снижение осадков в холодный период обусловлено тем, что наиболее снежные зимы пришлось на 1990-е гг. – первую половину рассматриваемого периода. Тренды характеристик снежного покрова, согласно данным реанализа ERA5-Land, также представлены на созданных картах, но более подробно обсуждаются в работе [3].

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

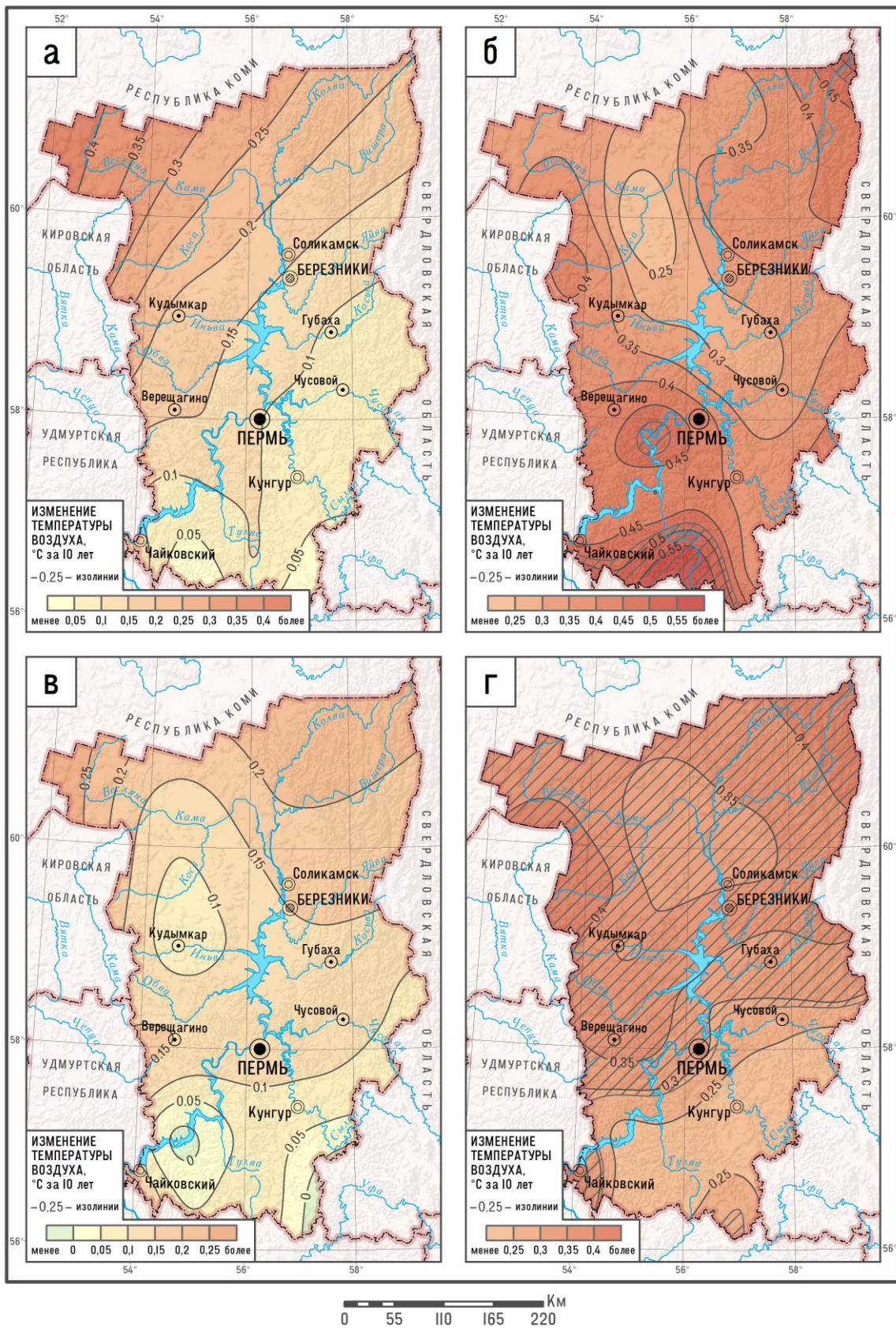


Рис. 1. КНЛТ средней температуры воздуха по месяцам по данным метеостанций:
 а) – январь; б) – апрель; в) – июль; г) – октябрь
 Fig. 1. Linear trends in average air temperature by month according to weather stations data:
 а) – January; б) – April; в) – July; г) – October

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

По картам трендов были выявлены существенные пространственные неоднородности в пределах территории края (рис. 1–2). Так, тренд на повышение температуры воздуха статистически значим на всей территории края или в отдельных районах в марте, апреле (рис. 1б), мае, августе, сентябре, октябре (рис. 1в) и ноябре. Статистически значимый рост количества осадков холодного периода (ноябрь – март) отмечается на большей части края, особенно на западе (рис. 2б), тогда как в теплый период имеет место статистически значимое снижение на востоке края (рис. 2а). Тренды характеристик снежного покрова по данным реанализа ERA5-Land также представлены на созданных картах, но более подробно обсуждаются в работе [3]. По данным реанализа, отмечается снижение влагозапасов снега на юге края, при отсутствии выраженных изменений на севере. В то же время по данным наблюдений тренды имеют разнонаправленный характер.

К третьей группе относятся карты экстремумов температуры воздуха, осадков и скорости ветра. Экстремумы на картах представлены несколькими способами – в виде среднегодовых максимумов или минимумов (рис. 5), как повторяемость числа дней с превышением определенного порогового значения (рис. 4), а также в виде индексов, рассчитанных на основе распределения значений переменной (например, суточная сумма осадков, превышающая 99-й перцентиль). Ранее перечисленные типы карт создавались для территории Урала на основе сети реперных метеостанций Росгидромета [28], но в настоящей работе они созданы на основе данных со всех метеостанций Пермского края и соседних регионов. Карты трендов экстремальных характеристик созданы впервые.

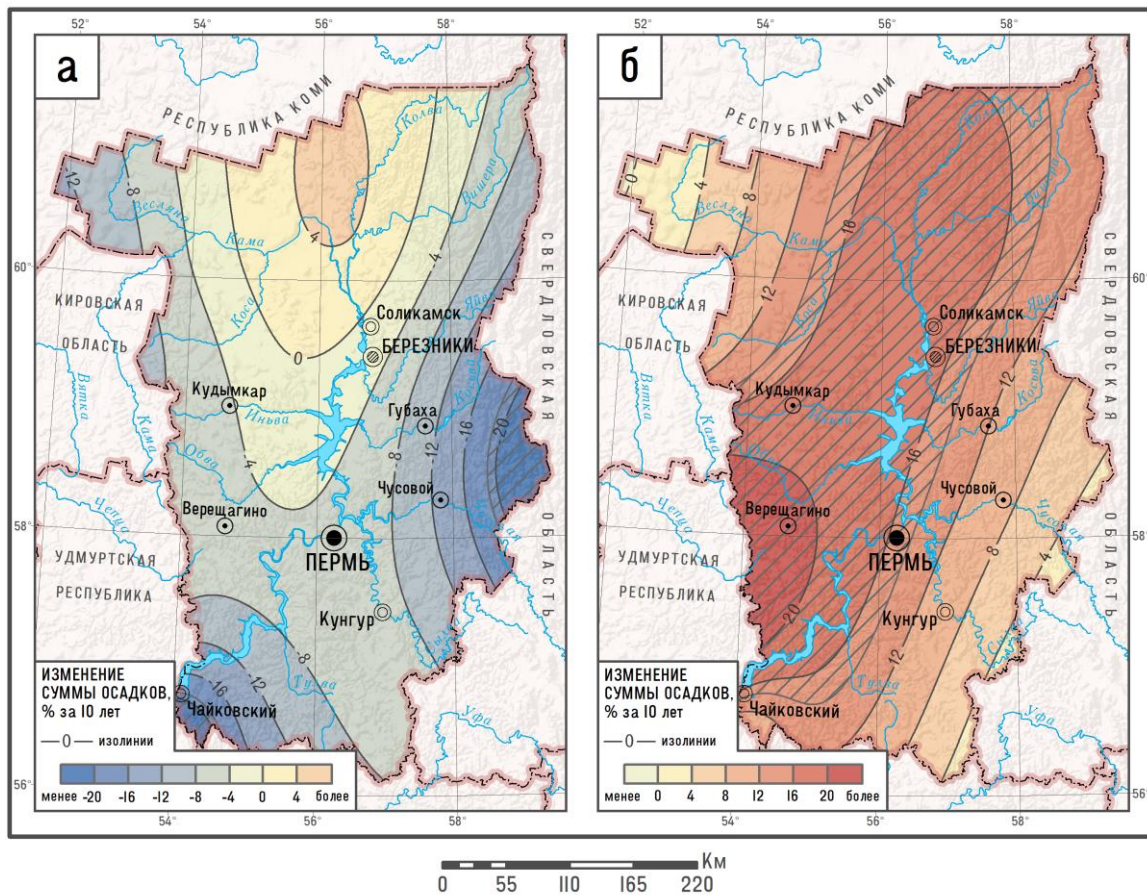


Рис. 2. КНЛТ суммы осадков за ноябрь-март (а) и апрель-октябрь (б) по данным метеостанций.

Fig. 2. Linear trend of precipitation for November-March (a) and April-October (б) according to weather station data

На основе этих карт показано, что повторяемость экстремально высоких температур в летний период растет в южной части края, а на севере рост почти не выражен. Однако даже на юге тренд статистически не значим. Среднегодовой минимум температуры воздуха растет быстрее, чем средняя температура января. Таким образом, повторяемость сильных морозов на большей части края сокращается более быстрыми темпами, чем происходит общее потепление зим. Исключением являются метеостанции Чермоз и Оса, расположенные в низинах, где годовой минимум температуры воздуха практически не изменился. То есть, если раньше сильные морозы охватывали всю территорию, то в настоящее время отмечаются в основном в низинах.

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

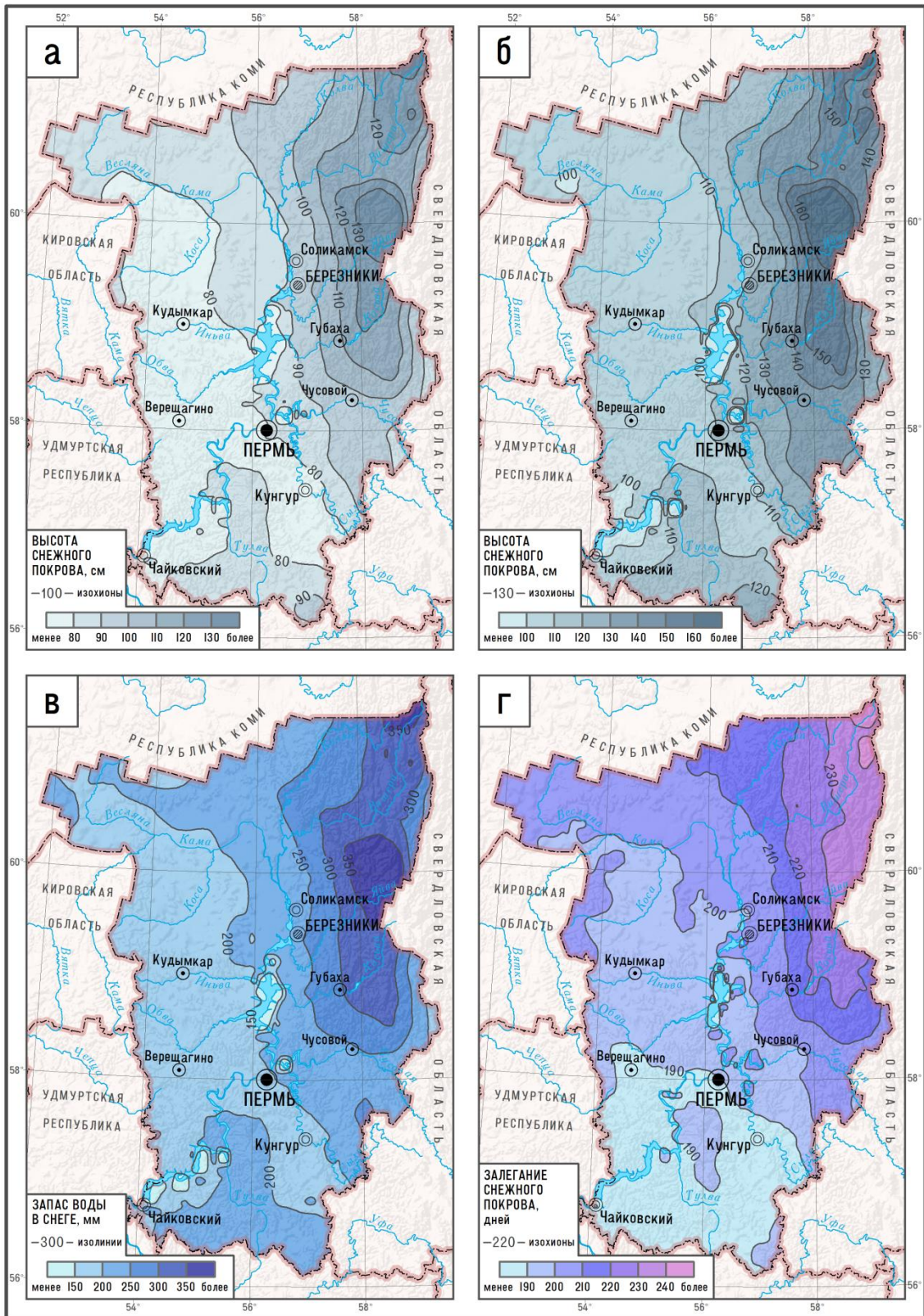


Рис. 3. Характеристики снежного покрова:

средний годовой (а) и абсолютный (б) максимумы высоты снежного покрова за сезон;

среднегодовой максимум водного эквивалента снега (в)

и средняя продолжительность залегания снежного покрова (г) по данным реанализа ERA5-Land

Fig. 3. Snowpack characteristics according to the ERA5 data: average annual (a) and absolute (б) maximum of snow depth; average annual maximum of snow water equivalent (в) and average number of snow cover days (г)

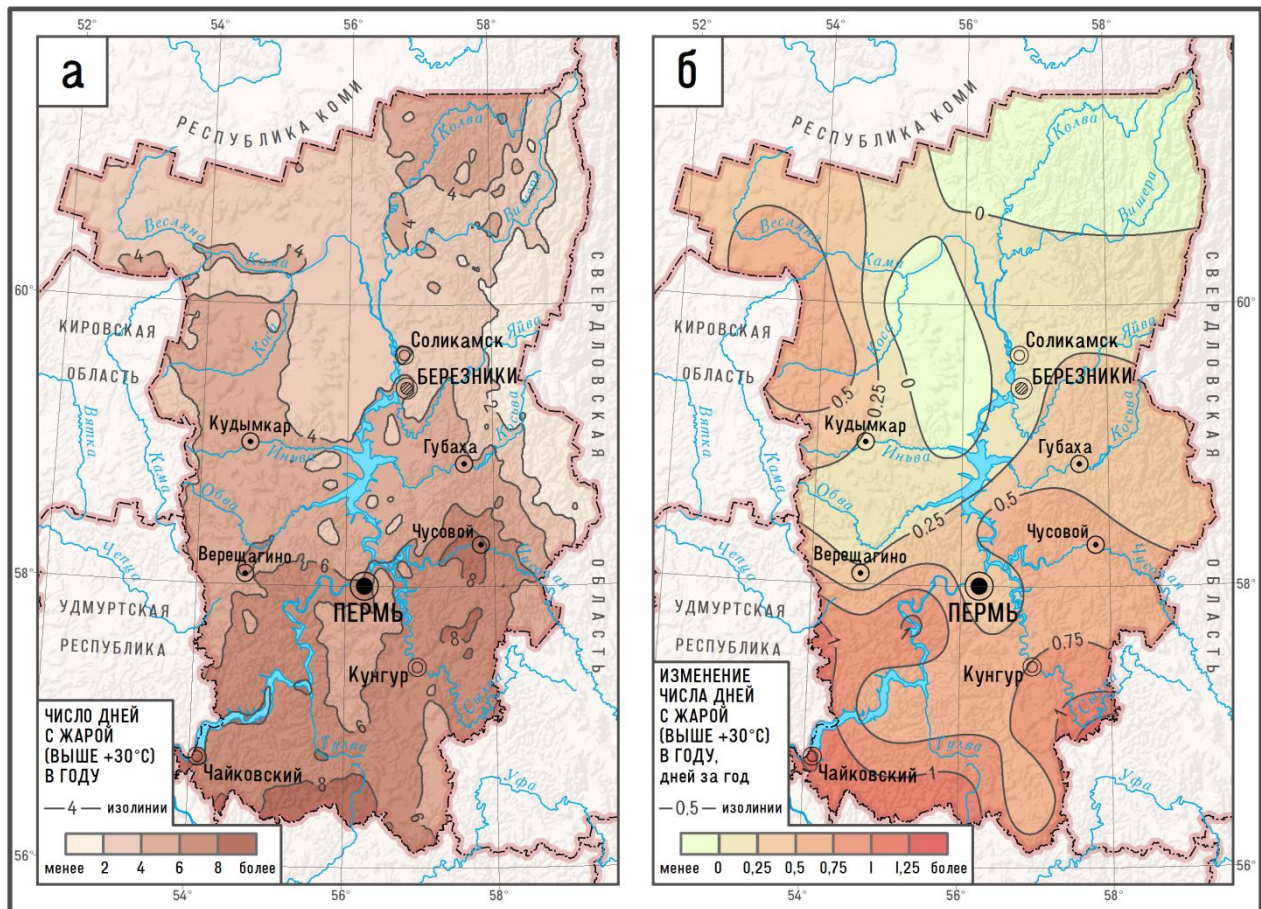


Рис. 4. Среднее за год число дней с максимальной температурой воздуха выше $+30^{\circ}\text{C}$ (а) и ее тренд (б) по данным метеостанций

Fig. 4. Average annual number of days with maximum air temperature above $+30^{\circ}\text{C}$ (a) and its trend (б) according to the data from weather stations

Суточный и пятисуточный максимум осадков показывают в южной части края слабое снижение, а на остальной территории – в основном слабый рост (рис. 4). Как снижение на юге в районе Чернушки, так и рост на востоке края статистически значимы, но на остальной территории тренд не значим. Повторяемость заморозков в вегетационный период снижается почти на всей территории края, особенно на севере, но по данным метеостанции Оса наблюдается некоторый рост.

К 4-й группе относятся карты пространственного распределения конвективных опасных явлений, созданные в том числе с использованием данных о ветровалах, карты молниевой активности по данным WGLC и карты конвективных параметров атмосферы по данным реанализа ERA5. Они подробно рассмотрены в работе [27]. Тренды повторяемости конвективных явлений в Пермском крае не оценивались из-за неоднородности используемых исходных данных во времени (кроме данных реанализа).

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

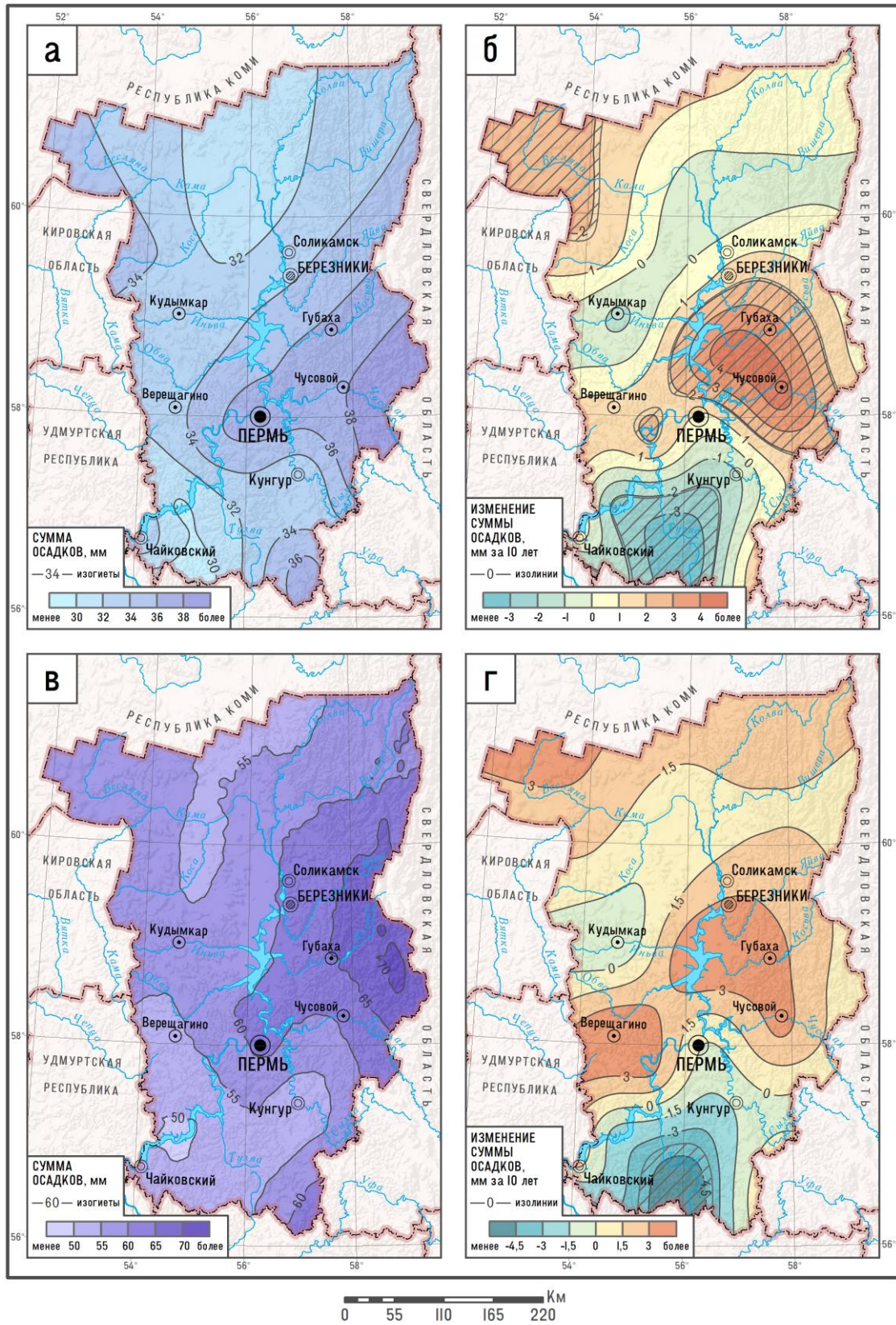


Рис. 5. Экстремумы осадков и их тренды по данным метеостанций:

- а) – средний годовой максимум осадков за сутки; б) тренд годового максимума осадков за сутки;
- в) – средний годовой максимум осадков за 5 суток; г) тренд годового максимума осадков за 5 суток

Fig. 5. Precipitation extremes and their trends according to the weather stations data:

- а) – average annual maximum of daily rainfall; б) trend in annual maximum of daily rainfall;
- в) – average annual maximum of 5-day rainfall; г) trend in annual maximum of 5-day rainfall

Веб-ГИС «Изменения климата Пермского края»

Созданные карты опубликованы также на онлайн-картографическом сервисе «Изменения климата Пермского края» [2], который представляет собой веб-ГИС для визуализации и анализа данных об изменениях климата на территории Пермского края.

При разработке сервиса использовалась микросервисная архитектура. В качестве хранилища векторных данных и метаданных используется СУБД Postgres/PostGIS, куда были загружены все растровые (поля климатических характеристик и их трендов) и векторные (метеостанции, изолинии) данные. Хранение растровых данных в формате COG позволило не использовать ГИС-сервер для публикации данных (в качестве которого раньше использовался Geoserver). Для разработки веб-приложения использован фреймворк Next.js, реализующий клиентскую часть (фронтенд) и получение основных метаданных из базы данных (бэкенд). В качестве картографической библиотеки используется Maplibre, для публикации векторных слоев используется технология векторных тайлов `pg_tile`. Картографическая основа для отображения климатических переменных включает базовые слои Protomaps (реки, водоемы, населенные пункты, растительность) и теневую отмывку рельефа из проекта Mapterhorn [25].

Основные функциональные возможности сервиса включают:

- выбор переменной, периода осреднения и года, получение информации о переменной (ссылка на источник данных, пространственное разрешение, справочная информация о показателе);
- визуализацию пространственного распределения климатических переменных в цветовых шкалах с изолиниями (средних многолетних и экстремальных климатических характеристик и их трендов);
- просмотр данных в режиме сравнения двух периодов (1961–1990 и 1991–2020 гг.) для средних многолетних характеристик;
- идентификацию значения по карте при перемещении курсора, настройку прозрачности отображения слоев;
- анимированное отображение динамики некоторых климатических переменных, в частности средней температуры воздуха по месяцам года в период 1950–2025 гг., на основе данных реанализа ERA5 с возможностью построения графиков для каждой ячейки сетки реанализа.
- подключение к базе данных опасных и неблагоприятных явлений погоды Пермского края с возможностью визуализации пространственного распределения случаев (по пунктам наблюдений), распределения во времени и по типам явлений.

Заключение

Рост доступности данных о климатических характеристиках и их изменениях открывает новые возможности в области климатического картографирования как для создания традиционных карт и атласов, так и для разработки онлайн-картографических сервисов с новыми формами представления данных. На примере Пермского края показано, что созданные в последние годы глобальные наборы данных позволяют выявлять региональные различия в климатических характеристиках, а также закономерности их изменений по территории.

Наибольший интерес представляет картографирование редких явлений (экстремумов), а также их многолетних трендов, поскольку изменений экстремумов зачастую идет опережающими темпами в сравнении с изменением средних значений. Для Пермского края это показано на примере числа дней с температурой выше +30°C, которое в южной части края существенно растет несмотря на то, что средняя температура самого теплого месяца года (июля) почти не меняется. Также выявлены пространственные закономерности в изменениях среднемесячной температуры воздуха и осадков по данным метеостанций, которые хорошо соответствуют ранее полученным оценкам для территории России в целом.

Важным результатом является разработка и публикация онлайн-картографического сервиса «Изменения климата Пермского края» [2], на котором вся вышеописанная информация представлена в доступном виде. Данный сервис может использоваться в целях получения справочных климатических данных о территории (причем не только для пунктов, где есть метеостанции, но и между ними), а также может иметь образовательное значение. В настоящее время его информационное наполнение продолжается.

Вместе с тем, при картографировании необходимо учитывать имеющиеся ограничения в используемых данных. Так, для данных сети метеостанций основным недостатком является редкость самой сети – среднее расстояние между ближайшими метеостанциями составляет 40–50 км на юге и в центре края, и увеличивается до 80–90 км на севере. В горной местности к этому добавляется нерепрезентативность – лишь одна метеостанция расположена на высоте свыше 400 м над уровнем моря (Бисер). На Северном Урале действует только одна метеостанция Вая, расположенная в глубокой долине р. Вишеры. В результате возникает неопределенность в оценке реального количества осадков, выпадающих в этой части края, которая имеет ключевое значение для формирования стока р. Камы. Для картографирования локальных конвективных явлений (шквалов, сильных ливней, крупного града и смерчей) данные наблюдательной сети можно использовать лишь как вспомогательный источник, поскольку большинство таких явлений вообще не фиксируется метеостанциями [9; 15; 27].

Вторым ограничением данных сети метеостанций является их неполная доступность – в открытом доступе имеются ряды наблюдений за весь период лишь по реперным метеостанциям, которых в Пермском крае

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

насчитывается всего три (Чердынь, Бисер и Пермь). Полные ряды наблюдений с остальных метеостанций (за период до 2005 г.) доступны только на коммерческой основе.

В свою очередь, использование реанализов пока может быть альтернативой данным наблюдений лишь при картографировании отдельных параметров, которые фиксируются метеостанциями с наибольшим числом пропусков или погрешностями. Важным ограничением реанализов ERA5 и ERA5-Land [22; 26] остается шаг сетки (0,25° и 0,1° соответственно) и как следствие – сглаживание полей метеоэлементов, сложность воспроизведения экстремальных характеристик осадков. Второй проблемой являются систематические ошибки, например завышение осадков на территории России [1] или влагозапасов снега в Пермском крае [3]. В то же время реанализы дают физически более корректную оценку распределения климатических характеристик, в сравнении с интерполяцией данных метеостанций. При оценке трендов реанализы дают обобщенную по территории картину, тогда как тренды по данным метеостанций зависимы от локальных условий их расположения. Примером может быть метеостанция Оса, которая расположена в низине и фиксирует снижение годовых минимумов температуры воздуха, тогда как все соседние метеостанции отмечают обратную тенденцию. Таким образом, выбор исходных данных при создании климатических карт должен учитывать перечисленные ограничения и особенности изучаемой территории, прежде всего рельеф и расположение метеостанций.

Библиографический список

1. Григорьев В. Ю., Фролова Н. Л., Киреева М. Б., Степаненко В. М. Пространственно-временная изменчивость ошибки воспроизведения осадков реанализом ERA5 на территории России // Известия РАН. Серия географическая, 2022. Т. 86. № 3. С. 435–446. DOI: 10.31857/S2587556622030062
2. Изменения климата Пермского края. URL: <https://perm-climate.gispsu.ru/> (дата обращения 10.01.2026)
3. Калинин Н. А., Крючков А. Д., Сидоров И. А., Абдуллин Р. К., Шихов А. Н. Климатические характеристики влагозапасов снега на территории Пермского края // Лёд и Снег. 2025. № 65(1). С. 50–68. DOI: 10.31857/S2076673425010044.
4. Новаковский Б. А., Каргашинов П. Е., Карпачевский А. М. Геоинформационное моделирование климатических нагрузок на ЛЭП (на примере юга о. Сахалин) // Геодезия и картография. 2016. № 10. С. 49–55. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-916-10-35-41.
5. Переведенцев Ю. П., Шерстюков Б. Г., Мирсаева Н. А., Шанталинский К. М., Гурьянов В. В. Тенденции изменения основных климатических показателей территории Приволжского федерального округа в XIX–XXI веках // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8. № 2. С. 209–237. DOI: 10.21513/2410-8758-2022-2-209-237.
6. Пьянков С. В., Шихов А. Н., Абдуллин Р. К. Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2016. 116 с.
7. Пьянков С. В., Шихов А. Н., Абдуллин Р. К. Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья») // Вопросы географии. 2017. Вып. 144. С. 208–226.
8. Титкова Т. Б., Черенкова Е. А., Семенов В. А. Региональные особенности изменения зимних экстремальных температур и осадков на территории России в 1970–2015 гг. // Лёд и Снег. 2018. № 58(4). С. 486–497. DOI: 10.15356/2076-6734-2018-4-486-497
9. Шихов А. Н., Чернокульский А. В., Калинин Н. А., Пьянков С. В. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2023. 284 с/
10. Akyurek Z., Kuter S., Karaman Ç.H., Akpınar B. Understanding the Snow Cover Climatology over Turkey from ERA5-Land Reanalysis Data and MODIS Snow Cover Frequency Product // Geosciences. 2023. Vol. 13. Art. No. 311. DOI: 10.3390/geosciences13100311
11. Alexander L., Zhang X., Peterson T. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation // Journal of Geophysical Research. 2006. Vol. 11. Art. No. D05109. DOI: 10.1029/2005JD006290.
12. Blennow K., Persson P. Modeling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with a GIS // Agricult. Forest Meteorol. 1998. Vol. 89. P. 59–71. DOI: 10.1016/S0168-1923(97)00057-9.
13. Bulygina O., Razuvaev V., Korshunova N., Groisman P. Climate variations and changes in extreme climate events in Russia // Environmental Research Letters. 2007. Vol. 2(4), Art. No. 045020. DOI: 10.1088/1748-9326/2/4/045020
14. Chapman L., Thorntree J. The use of geographical information systems in climatology and meteorology // Progress in Physical Geography Earth and Environment. 2003. Vol. 27(3). P. 313–330. DOI: 10.1191/0309133303pp384r.
15. Chernokulsky A.V., Eliseev, A.V., Kozlov, F.A., et al. Atmospheric severe convective events in Russia: Changes observed from different data // Russian Meteorology and Hydrology. 2022. Vol. 47(5). P. 343–354. DOI: 10.3103/S106837392205003X
16. Donat M.G., Alexander L.V., Yang H. et al. Global land-based datasets for monitoring climatic extremes // Bulletin of the American Meteorological Society, 2013. Vol. 94(7), P. 997–1006. DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00109.1.
17. Dotzek N., Groenemeijer P., Feuerstein B., Holzer A.M. Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD // Atmospheric Research. 2009. Vol. 93, P. 575–586. DOI: 10.1016/j.atmosres.2008.10.020.
18. Feng Z., Leung L. R., Liu N. et al. A global high-resolution mesoscale convective system database using satellite-derived cloud tops, surface precipitation, and tracking // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2021. Vol. 126. Art. No. e2020JD034202. DOI: 10.1029/2020JD034202
19. Fick S. E., Hijmans R. J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology, 2017. Vol. 37(12). Pp. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086.
20. Garmaev E.Z., P'yankov S.V., Shikhov A.N. et al. Mapping Modern Climate Change in the Selenga River Basin // Russian Meteorology and Hydrology. 2022. Vol. 47(3). P. 113–122. DOI: 10.3103/S1068373922020054.

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

21. Harris I., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset // *International Journal of Climatology*. 2014. Vol. 34, P. 623–642. DOI: 10.1002/joc.3711
22. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020. Vol. 146. Pp. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803
23. Kaplan J. O., Lau, K. H.-K. World Wide Lightning Location Network (WWLLN) Global Lightning Climatology (WGLC) and time series, 2022 update // *Earth System Science Data*. 2022. Vol. 14. Pp. 5665–5670. DOI: 10.5194/essd-14-5665-2022
24. Li Y.-P., Chen Y.-N., Sun F. et al. Contrasting trends of extreme rainfall and snowfall in the Northern Hemisphere // *Advances in Climate Change Research*. 2025. Vol. 16. P. 1101–1112. DOI: 10.1016/j.accre.2025.09.002
25. Maptherhorn – Public terrain tiles for interactive web map visualizations. URL: <https://maptherhorn.com/> (дата обращения 10.01.2026).
26. Muñoz-Sabater J., Dutra E., Panareda A. A. et al. ERA5-land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications // *Earth System Science Data*. 2021. Vol. 13 (9). P. 4349–4383. DOI: 10.5194/essd-13-4349-2021
27. Pyankov S. V., Abdullin R. K., Shikhov A. N. Mapping of convective hazardous weather events based on various data sources (on the example of the Perm Region) // *InterCarto. InterGIS*. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2025. Vol. 31. Part 1. Pp. 325–340 (In Russ.).
28. Shikhov A. N., Abdullin R. K., Tarasov A. V. Mapping temperature and precipitation extremes under changing climate (on the example of The Ural region, Russia) // *Geography, Environment, Sustainability*. 2020. Vol. 13(2). P. 154–165. DOI: 10.24057/2071-9388-2019-42
29. Tazsarek M., Allen J. T., Marchio M. et al. Global climatology and trends in convective environments from ERA5 and rawinsonde data // *npj Climate and Atmospheric Science*, 2021. Vol. 4. Art. No. 35. DOI: 10.1038/s41612-021-00190-x
30. Vicente-Serrano S.M., Saz-Sánchez M.A., Cuadrat J.M. Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): Application to annual precipitation and temperature // *Climate Research*. 2003. Vol. 24(2). P. 161–180. DOI: 10.3354/cr024161
31. Walawender E., Walawender J. P., Ustrnul Z. Geospatial predictive modelling for climate mapping of selected severe weather phenomena over Poland: a methodological approach // *Pure and Applied Geophysics*. 2016. Vol. 174(2). Pp. 643–659. DOI: 10.24057/2071-9388-2017-10-4-69-82
32. Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A. Seasonal changes in precipitation extremes in Russia for the last several decades and their impact on vital activities of the human population // *Geography, Environment, Sustainability*. 2017, Vol. 10(4). P. 69–82.

References

1. Grigorev V. Yu., Frolova N. L., Kireeva M. B., Stepanenko V. M. Spatial and Temporal Variability of ERA5 Precipitation Accuracy over Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2022, vol. 86 (3), pp. 435–446. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2587556622030062
2. *Izmeneniya klimata Permskogo kraja* [Climate Change in Perm Krai] (In Russ.) URL: <https://perm-climate.gispsu.ru/> (Accessed 10 January 2026).
3. Kalinin N. A., Kryuchkov A. D., Sidorov I. A., Abdullin R. K., Shikhov A. N. Climatic characteristics of snow moisture reserves in the Perm region, *Ice and Snow*, 2025, vol. 65(1). pp. 50–68. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2076673425010044.
4. Novakovskiy B. A., Kargashin P. E., Karpachevskiy A. M. Geoinformation Modeling of Climatic Loads on Power Lines (using the south of Sakhalin Island as an example). *Geodesy and cartography = Geodeziya i Kartografiya*, 2016, vol. 10, pp. 49–55. (In Russ.) DOI: 10.22389/0016-7126-2016-916-10-35-41
5. Perevedentsev Yu. P., Sherstyukov B. G., Mirsaeva N. A., Shantalinsky K. M., Guryanov V. V. Trends in main climate indicators on the territory of the Volga Federal District in the XIX–XXI centuries. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya*, 2022, vol. 8, no. 2, pp. 209–237. (In Russ.) DOI: 10.21513/2410-8758-2022-2-209-237
6. Pyankov S. V., Shikhov A. N., Abdullin R. K. *Atlas opasnykh gidrometeorologicheskikh yavleniy Ural'skogo Prikam'ya* [Atlas of Hazardous Hydrometeorological Phenomena in the Ural Kama Region]. Perm: Perm State University, 2016, 116 p. (In Russ.)
7. Pyankov S. V., Shikhov A. N., Abdullin R. K. Modern Methods and Technologies in Thematic Atlas Mapping (using the Atlas Information System "Hazardous Hydrometeorological Phenomena in the Ural Kama Region" as an Example), *Voprosy Geografii*, 2017, vol. 144, pp. 208–226. (In Russ.)
8. Titkova T. B., Cherenkova E. A., Semenov V. A. Regional Features of Changes in Winter Extreme Temperatures and Precipitation on the Territory of Russia in 1970–2015. *Ice and Snow*, 2018, vol. 58(4), pp. 486–497. (In Russ.) DOI: 10.15356/2076-6734-2018-4-486-497
9. Shikhov A. N., Chernokul'skiy A. V., Kalinin N. A., Pyankov S. V. *Vetrovaly v lesnoy zone Rossii i usloviya ikh vozniknoveniya* [Windthrow in the Forest Zone of Russia and Conditions of Their Occurrence]. Perm, Perm State University, 2023, 284 p. (In Russ.)
10. Akyurek Z., Kuter S., Karaman Ç.H., Akpınar B. Understanding the Snow Cover Climatology over Turkey from ERA5-Land Reanalysis Data and MODIS Snow Cover Frequency Product. *Geosciences*, 2023, vol. 13, Art. No. 311. DOI: 10.3390/geosciences13100311
11. Alexander L., Zhang X., Peterson T. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *Journal of Geophysical Research*, 2006, vol. 11, Art. No. D05109. DOI: 10.1029/2005JD006290.
12. Blennow K., Persson P. Modeling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with a GIS. *Agricult. Forest Meteorol.* 1998, vol. 89, pp. 59–71. DOI: 10.1016/S0168-1923(97)00057-9
13. Bulygina O., Razuvaev V., Korshunova N., Groisman P. Climate variations and changes in extreme climate events in Russia. *Environmental Research Letters*, 2022, vol. 2(4), Art. No. 045020. DOI: 10.1088/1748-9326/2/4/045020.
14. Chapman L., Thormes J. The use of geographical information systems in climatology and meteorology. *Progress in Physical Geography Earth and Environment*, 2003, vol. 27(3), pp. 313–330. DOI: 10.1191/0309133303pp384r.
15. Chernokul'skiy A. V., Eliseev A. V., Kozlov F. A., et al. Atmospheric severe convective events in Russia: Changes observed from different data, *Russian Meteorology and Hydrology*. 2022, vol. 47(5), pp. 343–354. DOI: 10.3103/S106837392205003X.

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

16. Donat M. G., Alexander L. V., Yang H. et al. Global land-based datasets for monitoring climatic extremes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2013, vol. 94(7), pp. 997–1006. DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00109.1.
17. Dotzek N., Groenemeijer P., Feuerstein B., Holzer A.M. (2009). Overview of ESSL's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD, *Atmospheric Research*, vol. 93, P. 575–586. DOI: 10.1016/j.atmosres.2008.10.020
18. Feng Z., Leung L. R., Liu N. et al. A global high-resolution mesoscale convective system database using satellite-derived cloud tops, surface precipitation, and tracking. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2021, vol. 126, art. no. e2020JD034202. DOI: 10.1029/2020JD034202
19. Fick S. E., Hijmans R. J. (). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas, *International Journal of Climatology*, 2017, vol. 37(12), pp. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086
20. Garmayev E. Z., Pyankov S. V., Shikhov A. N. et al. Mapping Modern Climate Change in the Selenga River Basin. *Russian Meteorology and Hydrology*, 2022, vol. 47(3), pp. 113–122. DOI: 10.3103/S1068373922020054.
21. Harris L., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 2014, vol. 34, pp. 623–642. DOI: 10.1002/joc.3711
22. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020, vol. 146, pp. 1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803
23. Kaplan, J. O., Lau, K. H.-K. (2022), World Wide Lightning Location Network (WWLLN) Global Lightning Climatology (WGLC) and time series, 2022 update, *Earth System Science Data*, vol. 14, pp. 5665–5670. DOI: 10.5194/essd-14-5665-2022
24. Li Y.-P., Chen Y.-N., Sun F. et al. (2025), Contrasting trends of extreme rainfall and snowfall in the Northern Hemisphere, *Advances in Climate Change Research*, vol. 16, pp. 1101–1112. DOI: 10.1016/j.accre.2025.09.002
25. Maptherhorn – Public terrain tiles for interactive web map visualizations, Available at <https://maptherhorn.com/> (Assessed 10 January 2026).
26. Muñoz-Sabater J., Dutra E., Panareda A. A. et al. ERA5-land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications, *Earth System Science Data*, vol. 13(9), pp. 4349–4383. DOI: 10.5194/essd-13-4349-2021
27. Pyankov S. V., Abdullin R. K., Shikhov A. N. Mapping of convective hazardous weather events based on various data sources (on the example of the Perm Region. *InterCarto. InterGIS. Moscow: MSU, Faculty of Geography*, 2025, vol. 31. Part 1, pp. 325–340 (In Russ.). DOI: 10.35595/2414-9179-2025-1-31-325-340.
28. Shikhov A. N., Abdullin R. K., Tarasov A. V. Mapping temperature and precipitation extremes under changing climate (on the example of The Ural region, Russia). *Geography, Environment, Sustainability*, 2020, vol. 13(2). pp. 154–165. DOI: 10.24057/2071-9388-2019-42.
29. Taszarek M., Allen J. T., Marchio M. et al. Global climatology and trends in convective environments from ERA5 and rawinsonde data, *npj Climate and Atmospheric Science*, vol. 4, Art. No. 35. DOI: 10.1038/s41612-021-00190-x
30. Vicente-Serrano S. M., Saz-Sánchez M. A., Cuadrat J. M. Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): Application to annual precipitation and temperature. *Climate Research*, 2003 vol. 24(2), pp. 161–180. DOI: 10.3354/cr024161
31. Walawender E., Walawender J.P., Ustrnul Z. Geospatial predictive modelling for climate mapping of selected severe weather phenomena over Poland: a methodological approach. *Pure and Applied Geophysics*, 2016, vol. 174(2). pp. 643–659. DOI: 10.24057/2071-9388-2017-10-4-69-82
32. Zolotokrylin A. N., Cherenkova E. A. Seasonal changes in precipitation extremes in Russia for the last several decades and their impact on vital activities of the human population. *Geography, Environment, Sustainability*, 2017, vol. 10(4). pp. 69–82. DOI: 10.1007/s00024-016-1250-y

Статья поступила в редакцию: 15.01.26, одобрена после рецензирования: 26.02.26, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 15 January 2026; approved after review: 26 February 2026; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах

Сергей Васильевич Пьянков

Доктор географических наук, заведующий кафедрой картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: pyankovsv@gmail.com

Ринат Камилевич Абдуллин

Кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: rinaha-26@mail.ru

Information about the authors

Sergey V. Pyankov

Doctor of Geographical Sciences, Head of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Rinat K. Abdullin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15, Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Рекреационная география и туризм

Пьянков С. В., Абдуллин Р. К., Тарасов А. В., Кусакин И. А., Сторожук Н. А., Шихов А. Н.

Андрей Владимирович Тарасов

Кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: andrew.tarasov1993@gmail.com

Andrey V. Tarasov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Иван Андреевич Кусакин

Магистрант кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: ivan.4732777@gmail.com

Ivan A. Kusakin

Postgraduate student of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Надежда Андреевна Сторожук

Магистрант кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: nadysstor@gmail.com

Nadezhda A. Storozhuk

Postgraduate student of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Андрей Николаевич Шихов

Доктор географических наук, профессор кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: shikhovan@gmail.com

Andrey N. Shikhov

Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Cartography and GIS, Perm State University; 15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Вклад авторов

Пьянков С. В. – общее руководство работой, постановка задач, редактирование текста статьи.

Абдуллин Р. К. – подготовка данных, создание карт, разработка картографического веб-сервиса, редактирование текста статьи.

Тарасов А. В. – разработка картографического веб-сервиса.

Кусакин И. А. – подготовка и оформление карт.

Сторожук Н. А. – подготовка и оформление карт.

Шихов А. Н. – подготовка данных, интерпретация результатов, подготовка текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Sergey V. Pyankov – general supervision, task setting, article editing.

Rinat K. Abdullin – data preparation, map creation, web mapping service development, article editing.

Andrey V. Tarasov – web mapping service development.

Ivan A. Kusakin – map preparation and design.

Nadezhda A. Storozhuk – map preparation and design.

Andrey N. Shikhov – data preparation, results interpretation, article writing.

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

Научное издание

Географический вестник
Geographical Bulletin

Выпуск №1(76)/2026

Редактор *А. С. Серебrenиков*
Корректор *С. А. Вороненко*
Компьютерная верстка *Е. Л. Гатина, В. В. Четыркина*

Подписано в печать 24.03.2026. Выход в свет 31.03.2026.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 23,02. Тираж 500 экз. Заказ № 37

Пермский государственный национальный исследовательский университет
Управление издательской деятельности
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Тел. (342) 239-66-36

Отпечатано в типографии ПГНИУ
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Тел. (342) 239-65-47

Подписка на журнал осуществляется через сайт подписного агентства «Урал-пресс»
https://www.ural-press.ru/catalog/97266/8651105/?sphrase_id=396141. Подписной индекс 41001

Распространяется бесплатно и по подписке