

ISSN 2079-7877



ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

№4(75)/2025

Географический вестник
= *Geographical bulletin*

Выпуск 4/2025

Научный журнал

Основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год

Geographical Bulletin

Issue 4/2025

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

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

Главный редактор

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

Editor-in-Chief

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

Адрес учредителя и издателя:

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

Address of the founder and publisher:

15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068

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>

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>

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.

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)

Анимица 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 ландшафтования 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 (Institute of Environmental Radioactivity) 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 (г. 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)

Mazbayev Ordenbek Blisbekovich 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)

Khолназар M. Mukhabatov Doctor of Geographical Sciences, Professor Tajik State Pedagogical University named after Sadriddin 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 биогеоценологии 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 Institute 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. Piankov, 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**

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А.,
Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В.,
Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю.,
Антонов С.И.
Геоморфологические ресурсы Новой Москвы

6

**PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES
AND GEOMORPHOLOGY**

Рысин И.И., Григорьев И.И.
Результаты инструментальных наблюдений за
размывом берегов малых и средних рек Удмуртии

6

Belyaev Yu.R., Vlasov M.V., Eremenko E.A.,
Fuzeina Yu.N., Bolysov S.I., Bredikhin A.V.,
Kharchenko S.V., Derkach A.A.,
Matlakhova E.Yu., Antonov S.I.
Geomorphological resources of New Moscow

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ
И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ**

18

Rysin I.I., Grigoriev I.I.
Instrumental observations of bank erosion in small
and medium-sized rivers in Udmurtia

Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В.,
Саматова А.П.
География торговых потоков и оценка роли России
в международной торговле литием

34

**ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL
GEOGRAPHY**

Харитонов А.Ю., Никонорова И.В.,
Харитонов А.Ю.
Использование пространственно-математических
методов в изучении доступности первичной
медицинской помощи населению Чувашии

47

Kharitonov A.Yu., Nikonorova I.V.,
Kharitonov A.Yu.
Spatial-mathematical methods in studying the
availability and accessibility of primary health care
to the population of Chuvashia

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е.,
Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.
Пригороды Санкт-Петербурга как объект
общественно-географических исследований

60

Martynov V.L., Andreeva T.A., Vasil'yeva O.E.,
Demidionov M.Yu., Sazonova I.E.
Suburbs of St. Petersburg as an object of socio-ge-
ographical research

Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В.,
Лобжанидзе Н.Е.
Нефтегазовый город как особый тип моногородов:
предпосылки формирования и отличительные
признаки (на примере городов Ханты-Мансийского
(Югра) и Ямало-Ненецкого автономных округов)

75

Sizov O.S., Eliseeva E.A., Zharkova V.V.,
Lobzhanidze N.E.
An oil and gas city as a special type of
single-industry towns (monotowns): The case of
the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and
the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug

МЕТЕОРОЛОГИЯ

95

METEOROLOGY

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф.,
Губарев М.С., Рыбкина И.Д.
Оценка атмосферных климатических рисков
и их влияние на экономику Алтайского края

95

Golovin A.V., Orlova E.S., Reznikov V.F.,
Gubarev M.S., Rybkina I.D.
Assessment of atmospheric climate risks and their
impact the economy of Altai Krai

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.
Влияние метеоусловий на формирование пешеход-
ной комфортности на примере городского квартала
Красноярска

105

Litvintsev K.Yu., Meshkova V.D., Filimonov S.A.
Weather effects on human comfort: The case of an
urban block in Krasnoyarsk.

ГИДРОЛОГИЯ

119

HYDROLOGY

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.
Устойчивость русел рек бассейна р. Урал к заилен-
нию

119

Zavadsky A.S., Berkovich K.M., Kamyshev A.A.
The resistance of riverbeds in the Ural river basin
to silting

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	130	ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
Куликова М.А., Соромотин А.В. Элементный состав донных отложений термокарстовых озер на севере Западной Сибири (на примере Пур-Тазовского междуречья)	130	Kulikova M.A., Soromotin A.V. Elemental composition of bottom sediments of thermokarst lakes in the north of Western Siberia (the case of the Pur-Taz interfluve)
КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА	143	CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е. Н. Оценка деформации берегов Краснодарского водохранилища с применением лазерного сканирования	143	Laguta A.A., Pogorelov A.V., Kiselev E. N. Assessment of the deformation of the Krasnodar Reservoir shores using laser scanning
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ	153	RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM
Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А. Пространственное распределение объектов дольменной культуры на территории Краснодарского края и создание цифрового двойника Шапсугского дольмена	153	Volkova T.A., Karagyan A.V., Minenkova V.V., Kuzyakina M.V., Ryaskin A.A. The spatial distribution of dolmen culture sites in the Krasnodar Territory and the creation of a digital twin of the Shapsug Dolmen
Смольянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В. Сопоставительный анализ уникальных впечатлений американских туристов о мемориале Линкольну в доковидный и постковидный периоды	162	Smolianina E.A., Morozova I.S., Kharitonova N.V. Comparative analysis of American tourists' unique experiences from Lincoln memorial in pre-COVID and post-COVID years
ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	178	GEOGRAPHICAL EDUCATION
Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А., Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л. Опыт реализации образовательного проекта «Географический форсайт: Пермский край-2035»	178	Zaitsev A.A., Kulakova S.A., Luchnikov A.S., Nazarova I.V., Turkhanova S.Yu., Krokhaleva K.A., Grigorieva Z.I., Mishlanova Ju.L., Chumakov R.V., Zelianskaia N.L. Experience of implementing the educational project ‘Geographical foresight: Perm Krai-2035’

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.4.08

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-6-17

EDN: LXTLON

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ НОВОЙ МОСКВЫ**

Беляев Юрий Ростиславович¹, Власов Максим Владимирович², Еременко Екатерина Андреевна³, Фузеина Юлия Николаевна⁴, Болысов Сергей Иванович⁵, Бредихин Андрей Владимирович⁶, Харченко Сергей Владимирович⁷, Деркач Александра Александровна⁸, Матлахова Екатерина Юрьевна⁹, Антонов Сергей Иванович¹⁰

^{1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

² ООО «ФРЭКОМ», г. Москва, Россия

¹ yrbel@mail.ru

² vlasov-maxim@mail.ru

³ eremenko_eig@gmail.com

⁴ donaldw@bk.ru

⁵ sibol1954@bk.ru

⁶ avbredikhin@yandex.ru

⁷ xar4enkoff@yandex.ru

⁸ derkach1977@yandex.ru

⁹ matlakhova_k@mail.ru

¹⁰ ser11131134@yandex.ru

Аннотация. На основе анализа геолого-геоморфологических условий и существующей структуры природопользования на территории Новой Москвы выполнены оценка и картографирование земель, потенциально пригодных для расширения городской инфраструктуры. Разработаны среднемасштабная общая геоморфологическая карта и карта геоморфологических ресурсов Новой Москвы. Оценены площадь и геоморфологическая позиция земель с разными типами природопользования. Установлено, что по состоянию на 2023 г. около половины земель, потенциально пригодных для создания городской инфраструктуры в Новой Москве, уже заняты городской или сельской застройкой. Эти земли в целом характеризуются благоприятными геолого-геоморфологическими условиями, их освоение чаще всего не требовало широкомасштабных земляных работ и колоссальных затрат на трансформацию рельефа, геологической среды и инженерную защиту. Дальнейшее расширение городской инфраструктуры возможно либо за счет освоения и перевода в другую кадастровую категорию сельхозугодий, либо за счет частичной реорганизации сельских поселений. Показано, что лишь четверть потенциально пригодных для освоения сельскохозяйственных земель характеризуется благоприятными геолого-геоморфологическими условиями для строительства. При этом значительная часть таких угодий удалена от основных магистралей и старого столичного центра, что делает их освоение весьма затратным. Выполненная оценка позволяет предполагать, что при сохранении темпов расширения городской инфраструктуры в Новой Москве затраты на строительство в ближайшие десятилетия будут неуклонно возрастать в связи с вовлечением в зону освоения все большего числа земель, требующих дополнительных финансовых вложений в трансформацию рельефа и геологической среды, а также устройство инженерной защиты территории от опасных геоморфологических процессов.

Ключевые слова: рельеф, городские территории, потенциал освоения, геоморфологические процессы, природопользование

Финансирование. Исследования выполнены коллективом авторов в рамках проекта РГО 23/2022-Р «Рельеф Новой Москвы: ресурсы и риски природопользования» и по теме госзадания кафедры геоморфологии и палеогеографии МГУ имени М.В. Ломоносова «Эволюция природной среды в кайнозое, динамика рельефа, геоморфологические опасности и риски природопользования» (№ 121040100323-5).

Для цитирования: Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И. Геоморфологические ресурсы Новой Москвы // Географический вестник – Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 6–17. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-6-17 EDN: LXTLON



© 2025 Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Физическая география, ландшафтное и геоморфологическое изучение

*Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.*

PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-6-17

EDN: LXTLON

GEOMORPHOLOGICAL RESOURCES OF NEW MOSCOW

**Yuriy R. Belyaev¹, Maxim V. Vlasov², Ekaterina A. Eremenko³, Yulia N. Fuzeina⁴, Sergey I. Bolysov⁵, Andrey V. Bredikhin⁶,
Sergey V. Kharchenko⁷, Aleksandra A. Derkach⁸, Ekaterina Yu. Matlakhova⁹, Sergey I. Antonov¹⁰**

^{1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² FRECOM LLC, Moscow, Russia

¹ yrbel@mail.ru

² vlasov-maxim@mail.ru

³ eremenkoaeig@gmail.com

⁴ donaldw@bk.ru

⁵ sibol1954@bk.ru

⁶ avbredikhin@yandex.ru

⁷ xar4enkoff@yandex.ru

⁸ derkach1977@yandex.ru

⁹ matlakhova_k@mail.ru

¹⁰ ser11131134@yandex.ru

Abstract. Based on the analysis of geological and geomorphological conditions and the existing structure of land use in the territory of New Moscow, lands potentially suitable for the expansion of urban infrastructure were assessed and mapped. A medium-scale general geomorphological map and a map of geomorphological resources of New Moscow were developed. The area and geomorphological position of lands with different types of land use were assessed. It was found that as of 2023, about half of the lands potentially suitable for urban infrastructure in New Moscow were already under urban or rural development. These lands are generally characterized by favorable geological and geomorphological conditions, their development, for the most part, did not require large-scale excavation works and enormous costs of the transformation of the relief and geological environment and engineering protection. Further expansion of urban infrastructure is possible either through the development and transfer of agricultural lands to another cadastral category, or through partial reorganization of rural settlements. It is shown that only a quarter of potentially developable agricultural lands is characterized by geological and geomorphological conditions favorable enough for construction. At the same time, a significant part of such lands is remote from the main highways and the old metropolitan center, which makes their development rather costly. The performed assessment allows us to assume that if the rate of urban infrastructure expansion in New Moscow is maintained, construction costs will steadily increase in the coming decades due to the involvement in the development zone of more and more lands requiring additional financial investment in the transformation of relief and geological environment as well as in engineering protection of the territory from geomorphological hazards.

Keywords: urban geomorphology, urban areas, land use potential, geomorphological processes, nature management

Funding: the research was carried out by the team of authors within the framework of the RGS project 23/2022-R ‘Relief of New Moscow: The Resources and Risks of Land Use’ and on the topic of the state assignment undertaken by the Department of Geomorphology and Paleogeography of Lomonosov Moscow State University ‘Cenozoic evolution of the environment, relief dynamics, geomorphological hazards, and land use risks’ (No. 121040100323-5).

For citation: Belyaev, Yu.R., Vlasov, M.V., Eremenko, E.A., Fuzeina, Yu.N., Bolysov, S.I., Bredikhin, A.V., Kharchenko, S.V., Derkach, A.A., Matlakhova, E.Yu., Antonov, S.I. (2025) Geomorphological resources of New Moscow. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 6–17. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-6-17 EDN: LXTLON

Введение

В столичном регионе (г. Москве и Московской области) проживает седьмая часть населения Российской Федерации, плотность хозяйственного освоения (в т.ч. жилой и промышленной застройки) чрезвычайно высока. Инфраструктурный каркас и общая схема расселения складывались здесь в течение более чем тысячелетней истории и во многом предопределены природными условиями, в частности рельефом территории. Территория центральной части Восточно-Европейской равнины (в том числе Московского региона) характеризуется высокой степенью геолого-геоморфологической изученности еще с середины прошлого столетия [4, 5, 12, 13, 14, 16].

Процессы урбанизации и стремительный рост городов, начавшиеся в середине прошлого столетия, в первой половине XXI в. вывели Московскую агломерацию на первое место в Европе как по численности населения, так и по занимаемой площади [17]. Постепенное расширение г. Москвы с начала прошлого столетия происходило за счет присоединения близлежащих населенных пунктов (деревень и поселков) путем их включения в черту города, селитебной и промышленной застройки в основном сельскохозяйственных угодий, отделявших их от растущего центра. С целью снижения затрат и экологических издержек осваивались в первую очередь наиболее благоприятные для строительства участки (поверхности междуречий р. Москвы и ее притоков, высокие речные террасы), существенно позднее – менее пригодные для освоения земли (низкие террасы в долинах рек, поймы,

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

*Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.*

овражно-балочные земли, эрозионные склоны). Градостроительная деятельность сопровождалась проектно-изыскательскими работами. Изученность геолого-геоморфологических условий на территории г. Москвы существенно возросла, и во второй половине XX в. появилось немало научных работ, посвященных строению рельефа, а также оценке геоморфологических ресурсов и потенциала территории [6–8]. Освоение и застройка сопровождались существенной трансформацией естественного рельефа (эрозионные склоны террасировались, многие малые эрозионные формы были засыпаны, русла рек забраны в коллекторы и пр.).

К концу XX в. территориальные ресурсы г. Москвы, доступные для освоения, оказались практически исчерпаны. Для удовлетворения нужд жилищного строительства значительная часть устаревших промышленно-складских и транспортно-логистических объектов была демонтирована, а на этом месте возведены и возводятся в настоящее время новые жилые кварталы. Значительную часть территории г. Москвы (в границах до 2012 г.) занимают лесопарковые зоны (в т.ч. ООПТ разного ранга) – необходимые элементы экологического каркаса крупного современного города, существование которых является важным условием комфорта городской жизни.

С целью изменения традиционной моноцентрической структуры Московской агломерации и упорядочения градостроительного зонирования 11 апреля 2012 г. в состав г. Москвы были включены значительные по площади новые территории, ранее относившиеся к Московской области [3]. В результате этого решения, наибольшего масштабного за всю историю административно-территориального деления города, площадь Москвы увеличилась в 2,4 раза. Присоединенные территории к югу и юго-западу от города стали называть Новой Москвой, а вместе с г. Москвой в границах до 2012 года – Большой Москвой. В течение последних 10 лет освоение территории Новой Москвы происходит стремительными темпами: возводятся новые жилые районы, производственные, офисные и торгово-складские комплексы, проложены новые автомобильные дороги и линии метрополитена.

Общая стратегия территориального развития Новой Москвы первоначально строилась с учетом существующей инфраструктуры и системы расселения, при планировании жилых кварталов учитывался в том числе естественный и ранее созданный антропогенный рельеф территории. Его строению, существующим геоморфологическим проблемам и оценке территориальных ресурсов посвящено большое число научных работ [1, 9–11, 15]. По прошествии более чем 10 лет с момента появления Новой Москвы как административно-территориального образования значительные площади земель уже в значительной степени освоены. Для планирования будущего освоения требуется актуальное представление о локализации земель, в разной степени пригодных для городского строительства. Цель данного исследования – картографирование и оценка потенциальной пригодности пока не освоенных территорий Новой Москвы для дальнейшего расширения городской инфраструктуры с учетом рельефа и геоморфологических опасностей. Актуальность выполненных работ обусловлена тем, что наиболее близкие к черте Старой Москвы территории с благоприятными для строительства условиями уже застроены, а в перспективе ближайших десятилетий тем, что в дальнейшем будут вовлекаться в городское природопользование земли, освоение которых потребует существенно больших затрат на создание комфортной городской среды. Для снижения стоимости строительства необходимо актуальное представление о локализации участков с различными потенциальными затратами на освоение, прежде всего ожидаемыми объемами земляных работ, напрямую определяемыми сложностью устройства рельефа местности.

Материалы и методы

Исследование основано на результатах полевых геоморфологических работ, выполненных на территории Новой Москвы в 2022–2023 гг., и геоморфологического картографирования в среднем масштабе. В качестве базы для оценки потенциальной затратности земель при градостроительном освоении использовалась составленная авторами по опубликованным данным и собственным полевым наблюдениям общая геоморфологическая карта масштаба 1:250 000, не имевшая аналогов ранее. Ее легенда построена по хрономорфогенетическому принципу. При составлении карты были систематизированы и учтены все опубликованные сведения о геолого-геоморфологическом строении южного сектора Московской области, а также г. Москвы, в том числе комплекты государственных геологических карт разных поколений (лист N-37-II, масштаб 1:200 000). Разработанная карта была верифицирована и откорректирована в ходе экспедиционных выездов. Дополнительно в рамках полевых выездов были собраны данные о локализации районов развития опасных геоморфологических процессов. В статье представлен генерализованный вариант подготовленной общей геоморфологической карты в масштабе 1:310 000, на которую дополнительно нанесены сведения о локализации участков проявления потенциально опасных для городской инфраструктуры геоморфологических процессов (в частности, карстовых, оползневых и линейной эрозии) (рис. 1).

На следующем этапе была составлена актуальная карта земельных угодий Новой Москвы, различающихся по типу природопользования по состоянию на 2023 г. Для составления карты были использованы сведения публичной кадастровой карты России (<https://pkk.rosreestr.ru>), открытого специализированного картографического ресурса OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>, использовался для отрисовки транспортной сети), а также с целью верификации выполнено дешифрирование космических снимков высокого разрешения (WorldView, GeoEye 2021–2022 гг.). Всего было выделено 10 категорий земельных угодий: 1) леса, парки и лесополосы; 2) луга, сенокосы и пустыри; 3) пашни; 4) участки частной и малоэтажной застройки; 5) участки многоэтажной (городской) застройки; 6) территории аэропортов; 7) территории кладбищ; 8) полигоны ТБО; 9) крупные транспортные развязки (станции, разъезды и пр.); 10) неудобья (чаще всего, овражно-балочные неосвоенные земли). Составленная в масштабе 1:250 000 карта типов природопользования демонстрирует ситуацию на 2023 г. и в дальнейшем была использована для выделения территорий, которые в будущем могут быть потенциально освоены при расширении городской инфраструктуры.

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

*Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.*

Далее была выполнена оценка степени пригодности (затратности в отношении объемов необходимых земляных работ) пока не освоенных земель. Все земли, имеющиеся на территории Новой Москвы на данный момент, можно условно отнести к трем большим классам. Первый – это участки уже существующей застройки (земли городских и сельских населенных пунктов, включенных в Новую Москву), а также территории, занятые крупными автомагистралями, железными дорогами и т.п. Эти территории в будущем, конечно, будут претерпевать преобразования, но характер природопользования в их пределах принципиально меняться не будет. Поэтому они были отнесены к территориям с частично или полностью реализованным потенциалом освоения. Можно предполагать, что в первую очередь расширение городской инфраструктуры будет происходить за счет сокращения площадей сельскохозяйственных угодий. Именно сельхозугодья – главный запас земельных ресурсов в контексте развития города, так как Правительством Москвы формально заявлено, что ООЗТ (особо охраняемые зеленые территории) и ООПТ (особо охраняемые природные территории) будут сохраняться как «зеленый каркас» территории [2]. Однако насколько этот императив будет выдерживаться – пока говорить преждевременно. Если исходить из превалирования этой «экологической» повестки, то ООЗТ и немногочисленные имеющиеся на территории Новой Москвы ООПТ различного статуса (всего их семь) следует относить к категории земель, предназначенных для выполнения природоохранных и рекреационных функций, таким образом, в качестве земельных ресурсов для расширения городской инфраструктуры в настоящем исследовании они не рассматриваются.

Сельскохозяйственные угодья были расклассифицированы по сложности их освоения при городском строительстве. Под сложностью в данном случае имелась в виду некоторая часть совокупности инженерно-геологических и инженерно-геоморфологических условий, контролирующая объемы необходимого при освоении вмешательства в геологическую среду и объемы трансформаций исходного рельефа. В качестве классификационного признака было выбрано сочетание следующих условий: морфология поверхности, состав и свойства поверхностных грунтов (до глубины заложения большей части фундаментов – около 10 м), гидрологическая и гидрогеологическая ситуация.

Морфология рельефа обуславливает объем необходимых земляных работ, необходимость планировки территории или применения специальных конструктивных решений. Наименее благоприятны в этом отношении крутые склоны. Субгоризонтальные поверхности (плоские, пологоволнистые), а также пологие склоны обладают сравнительно простыми условиями.

В зависимости от литологического состава поверхностные грунты имеют разную несущую способность в связи с различиями в водопроницаемости, пучинистости, модулях общей деформации и пр. Наиболее благоприятны в качестве оснований фундаментов песчаные грунты – водопроницаемые и мало подверженные пучению. Напротив, существенно глинистые грунты будут обуславливать развитие заболачивания, деформации фундаментов и твердых покрытий при промерзании/оттаивании и др.

Гидрологическая (и гидрогеологическая) ситуация тесно связана с двумя вышеупомянутыми условиями. Ключевой момент здесь кроется в том, находится ли территория в зоне подтопления и/или затопления.

Совокупность названных трех условий в общем и целом отвечает определенным выделам, отображенным на разработанной общей геоморфологической карте, и позволяет разделить все земли, потенциально пригодные для освоения, на три категории:

1) земли, практически не требующие трансформаций естественного рельефа и геологической среды в ходе городского строительства. К этой категории относятся площадки надпойменных террас в долинах рек, а также площадки долинных занов и днища крупных ложбин стока талых ледниковых вод с выраженным продольным уклоном – плоские или пологонаклонные хорошо дренированные поверхности на существенно песчаных грунтах;

2) земли, требующие небольшого объема трансформаций естественного рельефа и геологической среды. К этой категории относится большая часть сельскохозяйственных земель на междуречьях, вне контуров долинных занов и днищ ложбин стока талых ледниковых вод. Это плоские, пологоволнистые или пологохолмистые равнины, сложенные преимущественно валунными суглинками ледникового происхождения, нередко с участками заболачивания;

3) земли, требующие широкомасштабных трансформаций естественного рельефа и геологической среды (большого объема земляных работ). Сюда относятся относительно крутые (8° и более) склоны, а также периодически затапливаемые поверхности пойм рек и днища крупных балок. Здесь любое освоение требует существенных объемов специализированных земляных работ.

Согласно описанной выше методике в свободно распространяемой программной среде QGIS 3.12.3, на основе составленной общей геоморфологической карты были выделены (в автоматическом режиме с последующей ручной корректировкой) земельные участки, относимые к разным категориям в зависимости от потенциальной возможности их освоения, а также предполагаемой затратности развития городской инфраструктуры. Результатом исследования стала карта геоморфологических ресурсов территории Новой Москвы (рис. 2).

Результаты

Основными генетическими типами рельефа на территории Новой Москвы являются: 1) ледниковый и водно-ледниковый рельеф ранне-среднеплейстоценового возраста; 2) флювиальный рельеф (в основном поздне-и постмосковского возраста). Наибольшие площади занимает рельеф ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции, сформировавшийся в среднем плеистоцене после отступания московского покровного ледника. Наиболее широко представлены пологоволнистые поверхности междуречий, сложенные основной мореной московского

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузенина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

возраста, которые вместе с прилегающими к ним выровненными поверхностями водно-ледниковой аккумуляции и долинными зандрями позднемосковского возраста занимают до 67 % площади Новой Москвы и выражены, в частности, в окрестностях поселений: Внуковского, Марушкинского, Филимонковского, Рязановского, Первомайского, Новофедоровского, Киевского, Михайлово-Ярцевского.

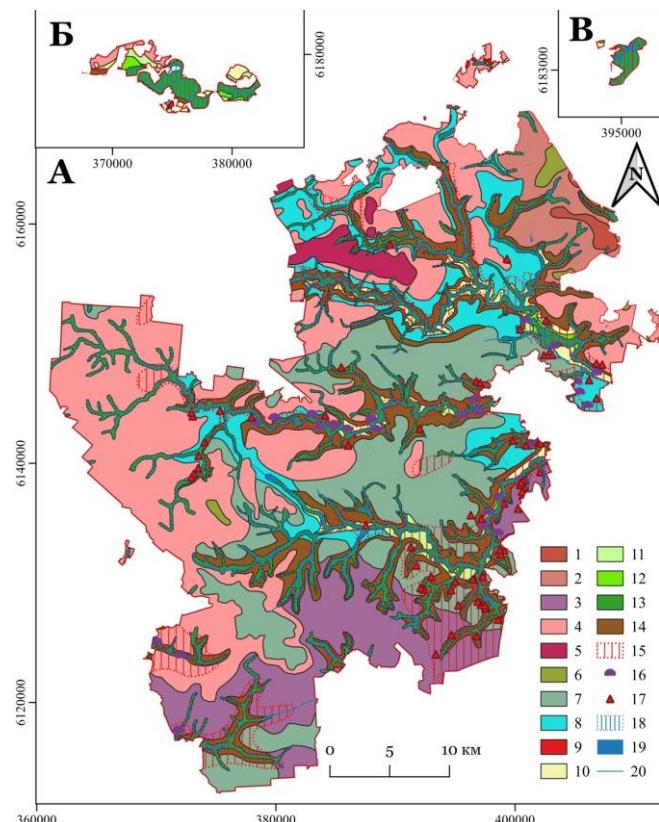


Рис. 1. Рельеф и геоморфологические опасности Новой Москвы: А – Западный административный округ (участок № 2 «Сколково»), Троицкий и Новомосковский административные округа,

Б – Западный административный округ (участок № 3 «Конезавод, ВТБ»),

В – Западный административный округ (участок № 4 «Рублево-Архангельское»)

Fig. 1. Landforms and geomorphological hazards of New Moscow:

А – Western Administrative Okrug (site No. 2 'Skolkovo'), Troitsky and Novomoskovsky Administrative Okrugs,

Б – Western Administrative Okrug (site No. 3 'Konezavod, VTB'),

В – Western Administrative Okrug (site No. 4 'Rublevo-Arkhangelskoye')

Условные обозначения. Эрозионно-денудационный рельеф дочетвертичного возраста, перекрытый маломощным (до 10 м) чехлом четвертичных образований: 1 – субгоризонтальные поверхности междуречий, 2 – пологие склоны – до 4–5°; ледниковый и водно-ледниковый рельеф раннего и среднего плейстоцена: 3 – пологоволнистые поверхности аккумуляции основной морены днепровского (донского?) возраста, переработанные последующими процессами, 4 – пологоволнистые поверхности аккумуляции основной морены московского возраста, 5 – конечно-моренные гряды московского возраста, 6 – моренные западины с проявлениями озерной аккумуляции средне-позднечетвертичного возраста, 7 – водно-ледниковый рельеф московского возраста (субгоризонтальные поверхности водно-ледниковой аккумуляции), 8 – долинные зандры и ложбины стока талых ледниковых вод, 9 – камы; флювиальный рельеф поздне- и послемосковского возраста: 10 – поверхность III НПТ московского возраста, 11 – поверхность II НПТ калининского возраста, 12 – поверхность I НПТ осташковского возраста, 13 – пойма голоценового возраста и привязанные к ней днища малых эрозионных форм, 14 – эрозионные склоны. Районы широкого распространения опасных геоморфологических процессов: 15 – карстовых и карстово-супфузионных, 16 – оползневых, 17 – регressiveйной эрозии МЭФ, 18 – горизонтальных деформаций русел рек, пойменной аккумуляции, периодического затопления и подтопления. Прочие обозначения: 19 – водоемы, 20 – водотоки.

Legend: Erosion-denudation relief of the pre-Quaternary age, overlaid by a thin (no more than 10 m) cover of Quaternary deposits: 1 – subhorizontal interfluvial surfaces, 2 – gentle slopes (up to 4–5°); glacial and fluvioglacial relief of the Early and Middle Pleistocene: 3 – gently undulating surfaces of the main moraine of the Dnieper (Don?) age, reworked by subsequent processes, 4 – gently undulating surfaces of the main moraine of the Moscow age, 5 – terminal moraine ridges of the Moscow age, 6 – moraine depressions with lacustrine deposits of the middle-late Quaternary age, 7 – fluvioglacial relief of the Moscow age (subhorizontal surfaces of fluvioglacial accumulation), 8 – outwash plains and glacial meltwater routes, 9 – kames; fluvial relief of the late- and post-Moscow age: 10 – surface of the 3rd terrace of the Moscow age, 11 – surface of the 2nd terrace of the Kalinin age, 12 – surface of the 1st terrace of the Ostashkov age, 13 – Holocene floodplain and associated bottoms of small erosion forms, 14 – erosion slopes. Areas of widespread occurrence of dangerous geomorphological processes: 15 – karst and suffusion, 16 – landslides, 17 – headward erosion, 18 – horizontal deformations of river beds, floodplain accumulation, and periodic flooding and underflooding. Other symbols: 19 – reservoirs, 20 – streams.

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

*Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.*

Помимо участков развития основной морены московского возраста выделяется холмисто-грядовый и крупнохолмистый рельеф конечных морен московского оледенения. Наиболее крупный участок конечно-моренных гряд в пределах Новой Москвы отмечен на междуречье рек Десна и Незнайка к югу от аэропорта Внуково. Юго-восточная часть территории Новой Москвы (около 10 %) располагается в пределах вторичной моренной равнины ранне-среднечетвертичного возраста, значительно переработанной последующими процессами; пологоволнистые поверхности междуречий перекрыты мореной донского возраста (южная и юго-восточные территории поселений Кленовское, Щаповское, Вороновское, Роговское к востоку от Варшавского шоссе).

Междуречные пространства водно-ледникового происхождения (зандровые равнины) занимают около 25 % территории Новой Москвы (большей частью в поселениях Троицк, Южнопахорское, Щаповское, Десеновское).

Флювиальный рельеф представлен долинами рек бассейна р. Оки (Десны, Пахры, Мочи и их притоков, около 27 % территории) и малыми эрозионными формами, которые возникли по большей части в поздне- и постмосковское время. В речных долинах выделяются три уровня террас (среднечетвертичного позднемосковского, позднечетвертичного калининского и оstashковского возраста), а также поверхность поймы (голоценового возраста). Пойма и привязанные к ней днища малых эрозионных форм голоценового возраста занимают до 13 % территории Новой Москвы. Эрозионные склоны разной крутизны в долинах рек и малых эрозионных формах занимают до 13 % территории Новой Москвы.

Около 7 % территории Большой Москвы занимает эрозионно-денудационный выступ дочетвертичного возраста, перекрытый маломощным (не более 10 м) чехлом четвертичных отложений (ледниковых и водно-ледниковых отложений московского возраста). Данный участок расположен в пределах Теплостанской возвышенности. Это наиболее приподнятая часть Большой Москвы с высотами до 245 м, abs. Здесь выделяются плоские субгоризонтальные поверхности, практически не затронутые процессами линейной эрозии, а также пологие склоны (до 4–5°), расчлененные оврагами, балками и притоками рек Москвы и Десны. Сниженная часть Теплостанской возвышенности продолжается в Новой Москве, занимая около 5 % территории ее северной части (северная и северо-восточная части поселений Мосрентген, Московский, Сосенское).

Рельеф прочих генетических типов, осложняющий поверхности, созданные ледниками, водно-ледниками и флювиальными процессами, представлен карстовыми, суффозионными, склоновыми, хемогенными, биогенными формами. Все они имеют в большинстве случаев ранг микро- и нанорельефа. Как и антропогенный рельеф (нередко относящийся к мезорельефу), они не выражаются в масштабе составленной карты и чаще всего не оказывают ощутимого влияния на степень пригодности земель для городского строительства. Исключение составляет карстовый рельеф, представленный воронками, полостями и понорами, который развит в долинах рек Пахры, Мочи, Лопасни.

В настоящее время чуть более половины территории Новой Москвы занимают лесные и парковые массивы (около 51 %, площадь их увеличивается по мере удаления от МКАД), на районы городской многоэтажной застройки приходится пока лишь 7 % площади. Распределение земель по типу природопользования исторически предопределено и связано с двумя ведущими факторами – экономико-географическим положением (прежде всего близостью к транспортным магистралям и столичному центру) и геолого-геоморфологическим строением территории. Вблизи МКАД, а также других крупных автомобильных дорог преобладает городская многоэтажная застройка (за пределами ЦКАД она практически не встречается). При этом зоны застройки тяготеют к междуречным поверхностям разного возраста (табл. 1). Участки одно- и малоэтажной застройки также тяготеют к транспортным артериям, при этом занимаемая ими площадь уменьшается по мере удаления от МКАД (доля земель этой категории составляет около 18 %).

В отличие от многоэтажной застройки, низкоэтажная (сельская, дачная) охватывает не только субгоризонтальные и пологонаклонные поверхности междуречий, но также эрозионные склоны, поймы рек и днища МЭФ. Это предопределено постепенным расширением площади первоначально небольших поселений в последнее столетие, а также выделением под дачные подсобные хозяйства непригодных для прочих типов землепользования земель во второй половине XX в. Значительную роль играют земли сельскохозяйственного назначения (около 22 % площади территории) – пашни (преобладают и концентрируются преимущественно вокруг населенных пунктов – около 14 %), луга, сенокосы. Пашни занимают в основном хорошо дренированные междуречные пространства и поймы рек, другие категории сельхозугодий – преимущественно полононаклонные и плоские междуречья с затрудненным дренажом, а также эрозионные склоны. В локализации инфраструктуры аэропортов и крупных транспортных развязок фактор морфологии рельефа очевидно является ведущим – они расположены на обширных пологих или субгоризонтальных плоских междуречных поверхностях, что позволило существенно снизить затраты на проведение земляных работ при строительстве. Полигоны ТБО, занимая положение вблизи транспортных магистралей и населенных пунктов, тяготеют к участкам с относительно хорошим дренажом (пологим склонам дочетвертичных междуречий, зандровым равнинам). В локализации кладбищ ощутим исторический аспект – небольшие сельские кладбища расположены близ населенных пунктов на хорошо дренированных поверхностях, а именно пологих склонах междуречий, высоких надпойменных террасах и долинных зандрах, крупные городские нередко занимают исходные неудобья – слабо дренируемые моренные западины.

Физическая география, ландшафтное и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузейна Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

Таблица 1
Table 1

Геоморфологическая позиция земельных угодий с различными типами природопользования на территории Новой Москвы

Geomorphological position of lands with different types of land use in the territory of New Moscow

Геоморфологическая позиция земельных угодий	Категории земель по типам природопользования (% от общей площади земель в разных геоморфологических обстановках)									
	Леса, парки, лесополосы	Городская застройка (многоквартирная)	Сельская застройка (участки одно- и мало-этажной застройки)	Пашни	Луга, сенокосы, пустыри	Аэропорты	Крупные транспортные узлы	Кладбища	Полигоны ТБО	Различные неудобья
Эрозионно-денудационный рельеф дочетвертичного возраста. Плоские субгоризонтальные поверхности междуречий	0,6	1,5	0,1	—	0,1	—	86,9	—	—	—
Эрозионно-денудационный рельеф дочетвертичного возраста. Пологие склоны (до 4–5°)	1,9	29,0	4,6	—	4,1	—	—	37,6	47,1	—
Пологоволнистые поверхности ледниковой аккумуляции московского возраста	35,7	23,2	24,5	13,7	23,8	93,5	—	—	—	0,6
Пологоволнистые поверхности ледниковой аккумуляции домосковского (днепровского/донского) возраста	13,4	0,6	3,8	12,5	4,5	—	—	—	—	6,7
Конечно-моренные гряды московского возраста	1,8	0,1	1,8	1,2	1,8	—	7,2	—	—	—
Плоские субгоризонтальные поверхности водно-ледниковой аккумуляции позднемосковского возраста	22,4	4,1	9,6	19,2	12,1	—	—	—	52,2	2,6
Долинные зандры и ложбины стока талых ледниковых вод	5,8	13,1	13,3	9,8	13,0	0,2	—	14,9	0,7	0,2
Моренные западины с проявлениями озерной аккумуляции средне-позднечетвертичного возраста	0,3	3,1	0,4	—	0,7	—	—	47,5	—	—
Поверхность III НПГ московского возраста	0,3	1,4	1,7	2,7	1,8	—	—	—	—	0,5
Поверхность II НПГ калининского возраста	0,4	0,6	1,5	4,2	2,0	—	—	—	—	1,2
Поверхность I НПГ останкновского возраста	0,1	—	0,5	1,2	0,4	—	—	—	—	0,2
Пойма голоценового возраста и привязанные к ней днища МЭФ	8,8	10,9	18,2	17,1	18,8	1,6	5,9	—	—	76,1
Эрозионные склоны	8,5	12,4	20,0	18,2	16,9	4,7	—	—	—	11,9
Контуры озерных понижений (крупных стариц) позднеплейстоцен-голоценового возраста	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Итого, тыс. га	77,4	10,9	28,6	22,5	12,0	1,3	0,3	0,3	0,1	0,8

Не все сельскохозяйственные угодья перспективны для перевода в категорию земель населенных пунктов и возведения новых жилых и промышленных объектов. Так, поймы и эрозионные склоны, вместе занимающие около трети всех сельхозугодий, являются участками, где для создания городской инфраструктуры потребуются широкомасштабные и дорогостоящие земляные работы. Для представления пространственной картины потенциала использования пока не занятых городской инфраструктурой земель была составлена карта геоморфологических ресурсов Новой Москвы (рис. 2). На ней отражены территории, статус которых в ближайшие десятилетия, скорее всего, не изменится (существующие зоны городской и сельской застройки, аэропорты, кладбища, транспортные пути, ООЗТ и ООПТ), а прочие угодья ранжированы в зависимости от предполагаемых объемов затрат на освоение (сравнительной стоимости земляных работ), во многом определяемых геолого-геоморфологическим строением территории.

Физическая география, ландшафтное и геоморфологическое изучение

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузейна Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

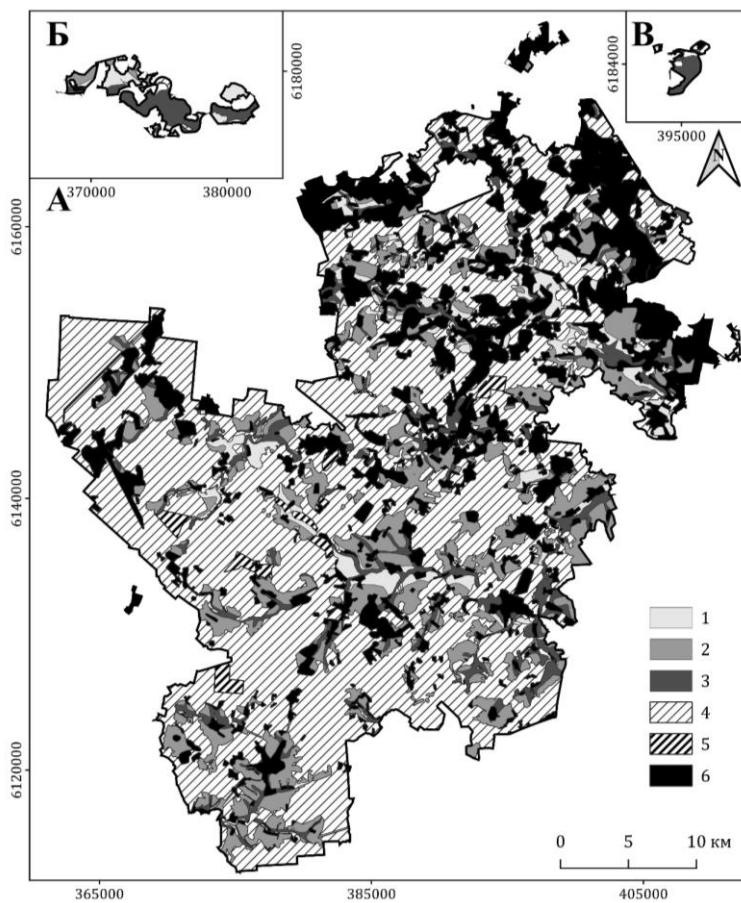


Рис. 2. Геоморфологические ресурсы Новой Москвы:

А – Западный административный округ (участок № 2 «Сколково»), Троицкий и Новомосковский административные округа, Б – Западный административный округ (участок № 3 «Конезавод, ВТБ»), В – Западный административный округ (участок № 4 «Рублево-Архангельское»)

Fig.2. Geomorphological resources of New Moscow:

A – Western Administrative Okrug (site No. 2 ‘Skolkovo’), Troitsky and Novomoskovsky Administrative Okrugs, B – Western Administrative Okrug (site No. 3 ‘Konezavod, VTB’),
B – Western Administrative Okrug (site No. 4 ‘Rublevo-Arkhangelskoye’)

Условные обозначения: Земли, потенциально пригодные для размещения жилой и промышленной застройки: 1 – практически не требующие трансформации рельефа и геологической среды, 2 – требующие небольшой трансформации рельефа и геологической среды, 3 – требующие широкомасштабной трансформации рельефа и геологической среды, 4 – особо охраняемые зеленые территории (ООЗТ), 5 – особо охраняемые природные территории (ООПТ), 6 – территории с частично или полностью реализованным потенциалом для размещения городской инфраструктуры (городская и сельская застройка, крупные транспортно-логистические объекты и пр.).

Legend: Lands potentially suitable for residential and industrial development: 1 – requiring no transformation of the landforms and geological environment, 2 – requiring minor transformation of the landforms and geological environment, 3 – requiring large-scale transformation of the landforms and geological environment; 4 – specially protected green areas, 5 – specially protected areas, 6 – areas with partially or fully realized potential for the placement of urban infrastructure (urban and rural buildings, large transport and logistics facilities, etc.).

Обсуждение

С учетом принятой экологической повестки, предусматривающей сохранение в существующих контурах земель ООПТ и ООЗТ, лишь четверть от всей площади Новой Москвы приходится на земли, потенциально пригодные для создания новой городской инфраструктуры (табл. 2). Еще четверть – это уже освоенные земли, где существует городская и сельская застройка, есть транспортные и логистические объекты. При этом потенциально пригодные для застройки земли в основном относятся к категории требующих средних затрат на освоение (13 %). Они приурочены к пологоволнистым и пологохолмистым поверхностям междуречий и пологим придолинным склонам, где при строительстве потребуются дополнительные затраты на устройство дренажных систем и гидроизоляцию фундаментов (из-за близости залегания верховодки), искусственное террасирование (из-за наличия уклона поверхности). В южной части Новой Москвы дополнительным фактором, осложняющим освоение этих земель, является карст.

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузейна Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

Таблица 2
Table 2

Категории земельных ресурсов Новой Москвы
Categories of land resources of New Moscow

Категории земельных ресурсов	Геоморфологическая позиция	Площадь, га	% от общей площади Новой Москвы
Потенциально пригодные для размещения городской инфраструктуры, в том числе:			
Земли, практически не требующие трансформации естественного рельефа и геологической среды	Площадки надпойменных террас и долинных зандров	5 850	4
Земли, требующие небольшой трансформации естественного рельефа и геологической среды	Плоские, пологоволнистые и полого-холмистые поверхности междуречных равнин и пологие придолинные склоны междуречий	20 020	13
Земли, требующие широкомасштабной трансформации естественного рельефа и геологической среды	Относительно крутые (более 8°) эрозионные склоны, поймы рек и ручьев	9 267	6
Особо охраняемые природные территории		1 580	1
Особо охраняемые зеленые территории		76 283	50
Земли с частично или полностью реализованным потенциалом для размещения городской инфраструктуры (городская и сельская застройка, крупные транспортно-логистические объекты и пр.)		38 484	26

Наиболее благоприятные для освоения территории приурочены чаще всего к поверхностям долинных зандров и высоким речным террасам, где сочетаются два фактора – малые уклоны поверхности и поверхностные грунты с более высокими модулями общей деформации и коэффициентами фильтрации, однако доля их невелика – всего 4 % от площади Новой Москвы. Отметим, что в локализации этих угодий немаловажную роль сыграла история развития рельефа. Так, они приурочены в основном к северной и наиболее близкой к Старой Москве части изучаемой территории, перекрывавшейся покровными ледниками в московскую эпоху среднего плейстоцена.

Около 6 % от площади Новой Москвы приходится на земли, где освоение потенциально возможно, но потребует широкомасштабных земляных работ. К этой категории отнесены эрозионные склоны долин, имеющие крутизну более 8°, поймы рек и ручьев, находящиеся в условиях круглогодичного подтопления и сезонного затопления. При строительстве городской инфраструктуры здесь потребуются дополнительные немалые затраты на создание инженерной защиты (противооползневые мероприятия и сооружения, берегоукрепление, гидроизоляция фундаментов, устройство дренажных систем), искусственного террасирования склонов, отсыпок и дамб, на отвод водотоков в коллекторы. Кроме того, угодья этой категории в южной части Новой Москвы подвержены еще и карстовым процессам, что может существенно усложнить освоение и ограничить потенциальную нагрузку (в частности, этажность) при застройке (рис. 1). К землям, требующим значительных затрат на освоение, относятся практически полностью участки Новой Москвы в районе Звенигорода и Зеленограда (рис. 2 Б, В). Здесь в черту столицы включены обширные пойменные угодья (в районе Звенигорода – в долине р. Москвы), находящиеся круглогодично в условиях подтопления (уровень грунтовых вод залегает на глубинах от 2 до 4 м). Сток р. Москвы в районе Звенигорода зарегулирован плотиной Можайского водохранилища, поэтому в настоящее время высокий пойменный уровень здесь не затапливается. В то же время при строительстве потребуются немалые затраты на гидроизоляцию фундаментов сооружений и повышение их устойчивости в условиях распространения суглинистых аллювиальных грунтов.

Заключение

По состоянию на 2023 г. около половины земель, потенциально пригодных для создания городской инфраструктуры в Новой Москве, уже заняты городской или сельской застройкой. Эти земли в целом характеризуются благоприятными геолого-геоморфологическими условиями, их освоение (особенно строительство новых микрорайонов вблизи МКАД) чаще всего не требовало широкомасштабных земляных работ и колоссальных затрат на трансформацию рельефа, геологической среды и инженерную защиту. При сохранении в нынешних границах площади ООПТ и ООЗТ дальнейшее расширение городской инфраструктуры возможно либо за счет освоения и перевода в другую кадастровую категорию сельхозугодий, либо за счет частичной реорганизации сельских поселений (снос ветхого жилья, застройка заброшенных земель промышленных комплексов и пр.). При этом лишь четверть потенциально пригодных для освоения сельскохозяйственных земель характеризуется благоприятными геолого-геоморфологическими условиями для строительства, в частности малым уклоном поверхности и супес-

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

чанным составом поверхностного субстрата. Значительная часть таких угодий локализована на некотором удалении от основных магистралей и старого столичного центра, что несколько отдаляет их освоение (требуется устройство подъездных путей и пр.). Резюмируя, можно предположить, что при сохранении темпов расширения городской инфраструктуры в Новой Москве затраты на строительство (а значит, и цены на недвижимость) в ближайшие десятилетия будут неуклонно возрастать по мере вовлечения в зону освоения все большего числа земель, требующих дополнительных затрат на трансформацию рельефа и геологической среды, а также устройство инженерной защиты.

Библиографический список

1. Аникина Н.В., Шварев С.В., Неходцев В.А., Самойлова Е.А. Оценка природно-антропогенных геолого-геоморфологических условий Новой Москвы // Геоэкологические проблемы Новой Москвы / отв. ред. А.В. Кошкarev, Э.А. Лихачёва, А.А. Тишков. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 88–95. EDN: VTETZB
2. Баранова О.Ю., Воронина Н.Б. Градостроительная практика развития особо охраняемых зеленых территорий «Новой Москвы» // Академический Вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2022. № 3 (54). С. 9–14. DOI: 10.25628/UNIIP.2022.54.3.002 EDN: CXFUGS
3. Закон города Москвы от 11 апреля 2012 года № 10 «О внесении изменений в Закон города Москвы от 5 июля 1995 года № 13-47 "О территориальном делении города Москвы"». 2012.
4. Казакова М.М. Основные черты рельефа Московской области // Тр. ИГАН СССР. 1957. Вып. 71. С. 5–15.
5. Кравченко И.П. Исследование реки Москвы и ее описание. М.: Транспечать НКПС, 1930. 194 с.
6. Лихачева Э.А. О семи холмах Москвы. М.: Наука, 1990. 144 с. ISBN: 5-02-003442-8 EDN: VSPQSL
7. Лихачева Э.А., Зеегофер Ю.О., Панюкова М.П. Геоморфологический анализ территории города Москвы (оценка по степени благоприятности для строительства) // Рельеф и хозяйственная деятельность. М.: МФГО, 1982. С. 112–122.
8. Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Тимофеев Д.А., Бронзулеев В.В., Козлова А.Е., Курбатова Л.С., Некрасова Л.А., Горецкий К.В., Локшин Г.П. Геоморфология Москвы по материалам карты «Геоморфологические условия и инженерно-геологические процессы г. Москвы» // Геоморфология. 1998. № 3. С. 41–51. EDN: WCPSPH
9. Лихачева Э.А., Шварев С.В. Геоморфологические проблемы освоения территории Новой Москвы // Геоэкологические проблемы Новой Москвы / отв. ред. А.В. Кошкarev, Э.А. Лихачёва, А.А. Тишков. М.: Медиа-Пресс, 2013. С. 83–87. EDN: VTETVZ
10. Лихачева Э.А., Шварев С.В., Аникина Н.В. Геоморфологическая оценка территориальных ресурсов Новой Москвы // Геоморфология. 2015. № 1. С. 77–87. DOI: 10.15356/0435-4281-2015-1-77-87 EDN: TKZVV
11. Маккавеев А.Н. Геоморфологические условия участка проектируемой трассы Центральной кольцевой автомобильной дороги на территории Новой Москвы // Геоэкологические проблемы Новой Москвы / отв. ред. А.В. Кошкarev, Э.А. Лихачёва, А.А. Тишков. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 108–111. EDN: VTEUAF
12. Соколов Н.Н. Особенности рельефа Московской области // Сб. работ музея почвоведения им. В.В. Докучаева. 1954. Вып. 1. С. 160–230.
13. Спиридонов А.И. Геоморфология Европейской части СССР. М.: Высшая школа, 1978. 332 с.
14. Спиридонов А.И., Введенская А.И., Немцова Г.М., Судакова Н.Г. Комплексное палеогеографическое и геоморфологическое районирование Московской области // Геоморфология. 1994. № 3. С. 32–42.
15. Шварев С.В., Лихачева Э.А., Аникина Н.В., Некрасова Л.А. Оценка организованности антропогенно-геоморфологических систем Новой Москвы на основе синтеза экспертических и статистических оценок // Геоморфология. 2017. № 2. С. 25–37. DOI: 10.15356/0435-4281-2017-2-25-37 EDN: YQFRHF
16. Шорыгина Л.Д. Основные этапы формирования рельефа Московской области // Тр. Ин-та геол. наук. Сер. геол. 1947. Вып. 88, № 26. С. 49–60.
17. Demographia. World Urban Areas. 18th Annual Edition. 2022. 93 p.

References

1. Anikina, N.V., Shvarev, S.V., Nekhodtsev, V.A., Samoilova, E.A. (2013) Otsenka prirodno-antropogenykh geologo-geomorfologicheskikh uslovii Novoi Moskvy (Assessment of the natural and anthropogenic geological and geomorphological conditions in New Moscow). *Geokologicheskie problemy Novoi Moskvy (Geoecological problems of New Moscow)*. A.V. Koshkarev, E.A. Likhacheva, A.A. Tishkov (Ed.). Moscow: Media-PRESS. Pp. 88–95. (In Russian)
2. Baranova, O.Yu., Voronina, N.B. (2022). Gradostroitel'naya praktika razvitiya osobno okhranyaemykh zelenykh territorii «Novoi Moskvy» (Urban planning practices for the development of specially protected green areas in 'Novaya Moskva'). *Akademicheskii Vestnik URALNIIPROEKT RAASN (Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN)*. No3 (54). Pp. 9–14. DOI: 10.25628/UNIIP.2022.54.3.002 (In Russian)
3. Zakon goroda Moskvy ot 11 aprelya 2012 goda №10 «O vnesenii izmenenij v Zakon goroda Moskvy ot 5 iyulya 1995 goda N 13-47 "O territorial'nom delenii goroda Moskvy"» (Moscow City Law No. 10 of April 11, 2012 "On Amendments to the Moscow City Law No. 13-47 of July 5, 1995 "On the Territorial Division of the City of Moscow"). 2012. (In Russian)
4. Kazakova. M.M. (1957). Osnovnye cherty rel'efa Moskovskoj oblasti (The main features of the relief of the Moscow region). *Tr. IGAN SSSR (Proceedings of the IGAN of the USSR)*. Iss. 71. Pp. 5–15. (In Russian)
5. Kravchenko, I.P. (1930). *Issledovanie reki Moskvy i ee opisanie (Exploration of the Moskva River and its description)*. Moscow: Transpechat' NKPS. (In Russian)
6. Likhachyova E.A. (1990). *O semi holmakh Moskvy (About the seven hills of Moscow)*. Moscow: Nauka Publ. (In Russian)
7. Likhachyova, E.A., Zeegofer, Yu.O., Panyukova, M.P. (1982). Geomorfologicheskij analiz territorii goroda Moskyy (ocenka po stepeni blagopriyatnosti dlya stroitel'stva) (Geomorphological analysis of the territory of the city of Moscow (assessment of the degree of construction suitability)). *Rel'ef i hozyajstvennaya deyatel'nost' (Relief and economic activity)*. Moscow: MFGO. Pp. 112–122. (In Russian)
8. Likhacheva, E.A., et al. (1998). Geomorfologiya Moskvy po materialam karty «Geomorfologicheskie usloviya i inzhenerno-geologicheskie processy g. Moskvy» (Geomorphology of Moscow based on the map 'Geomorphological Conditions and Engineering-Geological Processes in Moscow'). *Geomorfologiya (Geomorphology)*. No 3. Pp. 41–51. (In Russian)
9. Likhacheva, E.A., Shvarev, S.V. (2013). Geomorfologicheskie problemy osvoeniya territorii Novoj Moskvy // (Geomorphological problems of developing the territory of New Moscow) *Geokologicheskie problemy Novoi Moskvy (Geoecological problems of New Moscow)*. A.V. Koshkarev, E.A. Likhacheva, A.A. Tishkov (Ed.). Moscow: Media-PRESS. Pp. 83–87. (In Russian)
10. Likhacheva, E.A., Shvarev, S.V., Anikina, N.V. (2015). Geomorphological assessment of the New Moscow territorial resource (Geomorphological Assessment of the Territorial Resources of New Moscow). *Geomorfologiya (Geomorphology)*. No 1. Pp. 77-87. DOI: 10.15356/0435-4281-2015-1-77-87 (In Russian)

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В., Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.

11. Makkaveev, A.N. (2013). Geomorfologicheskie uslovija uchastka proektiruemoj trassy Central'noj kol'cevoj avtomobil'noj dorogi na territorii Novoj Moskvy (Geomorphological conditions of the projected route of the Central Ring Road in the territory of New Moscow). *Geoekologicheskie problemy Novoi Moskvy (Geoecological problems of New Moscow)*. A.V. Koshkarev, E.A. Likhacheva, A.A. Tishkov (Ed.). Moscow: Media-PRESS. Pp. 108–111. (In Russian)
12. Sokolov, N.N. (1954). Osobennosti rel'efa Moskovskoj oblasti (Features of the relief of the Moscow region). *Sb. rabot muzeya pochvovedeniya im. V.V. Dokuchaeva (Collection of Works by the V.V. Dokuchaev Museum of Soil Science)*. Iss. 1. Pp. 160–230 (In Russian).
13. Spiridonov, A.I. (1978). *Geomorfologiya Evropejskoj chasti SSSR (Geomorphology of the European part of the USSR)*. Moscow: Vysshaya shkola Publ. (In Russian)
14. Spiridonov, A.I., Vvedenskaya, A.I., Nemcova, G.M., Sudakova, N.G. (1994). Kompleksnoe paleogeograficheskoe i geomorfologicheskoe rajonirovanie Moskovskoj oblasti (Comprehensive Paleogeographical and Geomorphological Zoning of the Moscow Region). *Geomorfologiya (Geomorphology)*. No. 3. Pp. 32–42. (In Russian)
15. Shvarev, S.V., Likhacheva, E.A., Anikina, N.V., Nekrasova, L.A. (2017). Assessment of order in anthropogenic-geomorphological systems of the New Moscow area based on combined expert and statistical evaluation (Assessment of the organization of anthropogenic geomorphological systems in New Moscow based on the synthesis of expert and statistical assessments). *Geomorfologiya (Geomorphology)*. No. 2. Pp. 25–37. DOI: 10.15356/0435-4281-2017-2-25-37 (In Russian)
16. Shorygina, L.D. (1947). Osnovnye etapy formirovaniya rel'efa Moskovskoj oblasti (The main stages of the formation of the relief of the Moscow region). *Tr. In ta geol. nauk. Ser. geol. (Proceedings of the Institute of Geological Sciences. Geology Series)*. 1947. Iss. 88. No 26. Pp. 49–60. (In Russian)
17. Demographia. World Urban Areas. 18th Annual Edition. 2022. 93 p.

Статья поступила в редакцию: 21.11.24, одобрена после рецензирования: 24.04.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 November 2024; approved after review: 24 April 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Юрий Ростиславович Беляев

Кандидат географических наук, доцент, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: yrbel@mail.ru

Максим Владимирович Власов

Главный специалист отдела инженерно-экологических изысканий, ООО «ФРЭКОМ»; 119435, Россия, Москва, ул. Малая Пироговская, 18, стр. 1

e-mail: vlasov-maxim@mail.ru

Екатерина Андреевна Еременко

Кандидат географических наук, доцент, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: eremenkoaeig@gmail.com

Юлия Николаевна Фузеина

Кандидат географических наук, доцент, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: donaldw@bk.ru

Сергей Иванович Болысов

Доктор географических наук, профессор, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: siboll1954@bk.ru

Information about the authors

Yuriy R. Belyaev

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Maxim V. Vlasov

Chief Specialist, Engineering and Environmental survey department, FRECOM LLC; 18, bld. 1, Malaya Pirogovskaya st., Moscow, 119435, Russia

e-mail: vlasov-maxim@mail.ru

Ekaterina A. Eremenko

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: eremenkoaeig@gmail.com

Yulia N. Fuzeina

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: donaldw@bk.ru

Sergey I. Bolysov

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

*Беляев Ю.Р., Власов М.В., Еременко Е.А., Фузеина Ю.Н., Болысов С.И., Бредихин А.В., Харченко С.В.,
Деркач А.А., Матлахова Е.Ю., Антонов С.И.*

Андрей Владимирович Бредихин

Доктор географических наук, профессор, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: avbredikhin@yandex.ru

Andrey V. Bredikhin

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Сергей Владимирович Харченко

Кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: xar4enkoff@yandex.ru

Sergey V. Kharchenko

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Александра Александровна Деркач

Кандидат географических наук, преподаватель, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: derkach1977@yandex.ru

Aleksandra A. Derkach

Candidate of Geographical Sciences, Lecturer, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Екатерина Юрьевна Матлахова

Кандидат географических наук, доцент, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: matlakhova_k@mail.ru

Ekaterina Yu. Matlakhova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Сергей Иванович Антонов

Кандидат географических наук, старший научный сотрудник, кафедра геоморфологии и палеогеографии, географический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: ser11131134@yandex.ru

Sergey I. Antonov

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Department of Geomorphology and Paleogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Вклад авторов

Беляев Ю.Р. – автор идеи, написание текста, итоговое оформление карты.

Власов М.В. – разработка ГИС-проекта, создание карты.

Еременко Е.А. – научное редактирование текста, оформление выводов.

Фузеина Ю.Н. – написание текста, полевые исследования.

Болысов С.И. – сбор и систематизация опубликованных ранее данных, полевые работы.

Бредихин А.В. – сбор и систематизация опубликованных ранее данных, полевые работы.

Харченко С.В. – разработка ГИС-проекта, редактирование карты.

Деркач А.А. – проведение полевых работ.

Матлахова Е.Ю. – проведение полевых работ.

Антонов С.И. – сбор и систематизация опубликованных ранее данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Yuriy R. Belyaev – the idea; writing of the text; final design of the map.

Maxim V. Vlasov – development of the GIS project; creation of the map.

Ekaterina A. Eremenko – scientific editing of the text; of the conclusions.

Yulia N. Fuzeina – writing of the text; field research.

Sergey I. Bolysov – collection and systematization of previously published data; field work.

Andrey V. Bredikhin – collection and systematization of previously published data; field work.

Sergey V. Kharchenko – development of the GIS project; editing of the map.

Aleksandra A. Derkach – field work.

Ekaterina Yu. Matlakhova – field work.

Sergey I. Antonov – collection and systematization of previously published data.

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

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

Научная статья

УДК 551.435.11(470.51) + 551.4.04

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-18-33

EDN: VAWVTP



РЕЗУЛЬТАТЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РАЗМЫВОМ БЕРЕГОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК УДМУРТИИ

Иван Иванович Рысин¹, Иван Иванович Григорьев²

^{1, 2} Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

¹ rysin.iwan@yandex.ru

² ivangrig@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования смещения русел за 2003–2023 гг. на 8 ключевых участках, расположенных на малых и средних реках Удмуртии. Средняя и максимальная ширина, площадь и объем размыва определялись с применением тахеометрической съемки и беспилотных летательных аппаратов. Для средних рек с порядком 9,1–14,0 (по методике А. Шайдеггера) скорости максимальных размывов составляли 5,96–6,15 м/год. Протяженность размываемых участков варьировала в пределах 115–533 м. Высота исследуемых береговых уступов изменяется от 3,5 на р. Сиве до 5,6 м на р. Чепце. Для малых рек (порядок 6,1–9,0) наибольшие величины размывов изменяются в пределах: от 2,26 (р. Лумпун) до 8,14 м (р. Кырыкмас). Протяженность размываемых участков варьирует от 48–110 на р. Лумпун до 55–330 м на р. Нылге. Средняя высота размываемого уступа на этих реках изменяется от 2,5 (р. Нылга) до 8,8 м (р. Лумпун). В многолетней динамике размывов на р. Чепце (2 участка) и р. Кырыкмас отчетливо прослеживается положительный (восходящий) тренд с максимумами размывов в 2012–2014, 2019, 2021 гг. Установлена очень тесная корреляционная связь между максимальной шириной, площадью, объемом размывов на р. Чепце (с. Адам) и р. Сиве (д. Метляки), а также максимальными годовыми расходами рек за период с 2004 по 2015 г. Расположение размываемых участков в пределах различных типов излучин характеризуется локальными особенностями, но чаще приурочено к участкам с наибольшей крутизной.

Ключевые слова: размыв берегов рек, мониторинг, тахеометрическая съемка, корреляционный анализ, Удмуртская Республика

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 25-27-20003.

Для цитирования: Рысин И.И., Григорьев И.И. Результаты инструментальных наблюдений за размывом берегов малых и средних рек Удмуртии // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 18–33. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-18-33 EDN VAWVTP

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-18-33

EDN: VAWVTP

INSTRUMENTAL OBSERVATIONS OF BANK EROSION IN SMALL AND MEDIUM-SIZED RIVERS IN UDMURTIA

Ivan I. Rysin¹, Ivan I. Grigoriev²

^{1, 2} Udmurt State University, Izhevsk, Russia

¹ rysin.iwan@yandex.ru

² ivangrig@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of channel displacement studies for 2003–2023 at 8 key sites located on small and medium-sized rivers of Udmurtia. In each case, the average and maximum width, area, and volume of erosion were determined using tacheometric survey and unmanned aerial vehicles. For medium-sized rivers with an order of 9.1–14.0 (according to A. Scheidegger's methodology), maximum erosion rates were 5.96–6.15 m/year. The length of the eroded areas varied between 115 and 533 m. The height of the investigated bank scarps ranged from 3.5 m on the Siva River to 5.6 m on the Cheptsa River. For small rivers (order 6.1–9.0), the largest scour values vary from 2.26 m (Lumpun River) to 8.14 m (Kyrykmas River). The length of eroded sections ranges from 48–110 m on the Lumpun River to 55–330 m on the Nylga River. The average height of the eroded scarp on these rivers varies from 2.5 m (Nylga River) to 8.8 m (Lumpun River). In the long-term dynamics of washouts on the Cheptsa River (2 sites) and the Kyrykmas River,



© 2025 Рысин И.И., Григорьев И.И. распространяется по лицензии CC BY 4.0. Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Рысин И.И., Григорьев И.И.

one can clearly see a positive (upward) trend with maximum washouts in 2012–2014, 2019, and 2021. The studies established a very close correlation between the maximum width, area, volume of washouts on the Cheptsya River (Adam village) and the Siva River (Metlyaki village) and the maximum annual flow rates of the rivers for the period from 2004 to 2015. The location of eroded areas within bends of different types is characterized by local peculiarities; more often they are confined to areas with the highest steepness.

Keywords: riverbank erosion, monitoring, tacheometric survey, correlation analysis, Udmurt Republic

Funding: the study was funded by the Russian Science Foundation, project No. 25-27-20003.

For citation: Rysin, I.I., Grigoriev, I.I. (2025). Instrumental observations of bank erosion in small and medium-sized rivers in Udmurtia. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 18–33. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-18-33 EDN: VAWVTP

Введение

Одним из опасных рельефообразующих процессов на равнинных территориях являются размывы берегов рек и наводнения во время аномальных половодий и паводков. Для их прогноза актуальными являются исследования горизонтальных русловых деформаций на различных по водности реках в условиях современных климатических изменений. В дополнение к климатическим факторам, преобразование ландшафтов в результате хозяйственной деятельности оказывает еще более выраженное воздействие на изменения эрозионно-русовых систем [17, 33–35, 46, 48]. Размыв берегов рек представляет собой наиболее яркое проявление русловых деформаций, что, в свою очередь, приводит к значительным потерям в сельском хозяйстве и инфраструктуре территории. Данный процесс сопровождается также изменением морфолого-морфометрических характеристик русла на участке размыва (углубление плесовых ложбин, аккумуляция наносов на побочниках и др.). Слабоизученным до сих пор является вклад русловых деформаций в балансовую составляющую стока наносов [40]. Разработка гидротехнических мероприятий не может быть решена без исследования закономерностей русловых процессов. Результаты этих исследований являются составной частью гидрологического обоснования проектов различных водохозяйственных мероприятий [1, 3, 35, 41, 43].

Цели данной статьи: количественная оценка многолетней динамики размывов берегов на малых и средних реках Удмуртии, полученных путем тахеометрической съемки участков излучин, различающихся как расходами воды, так и ландшафтными особенностями их бассейнов, а также сопоставление данных, полученных разными методами, и выявление наиболее значимых факторов с помощью корреляционного анализа.

Равнинная территория Удмуртской Республики (УР) расчленена многочисленными водотоками со средней густотой 0,71 км/км². Преобладающими являются широкопойменные реки с активным развитием процессов свободного меандрирования [2, 26, 28]. В пределах исследуемой территории доминируют южно-таежные ландшафты, которые на юге сменяются сильно преобразованными хозяйственной деятельностью ландшафтами хвойно-широколиственных (смешанных) лесов.

На территории УР среднегодовая температура изменяется от +2,3 на севере до +3,5° С на юге. Средние температуры января и июля варьируют в пределах –13,3–11,9 и +18,3–19,7° С с выраженным трендом повышения зимних температур воздуха в зимние месяцы [25]. Среднегодовая сумма осадков составляет 500–650 мм [2]. Наряду с явным потеплением климата отмечается увеличение опасных гидрометеорологических явлений [24].

Материалы и методы исследований

С целью исследования особенностей развития горизонтальных русловых деформаций на территории Удмуртии по топографическим картам было выделено 55 ключевых участков, охватывающих реки разной величины. Полевые работы на изучаемых реках проводятся ежегодно (с 1999 г.) в летний период, а на отдельных участках (около г. Ижевска) дважды в год: весной (май) и осенью (октябрь, реже начало ноября) [28, 46].

Одним из надежных и доступных методов изучения динамики рельефа является метод стержней и марок [32]. Детальное описание применяемой методики и анализ результатов есть в нашей работе [30]. В пределах 30 ключевых участков осуществлялась нерегулярная тахеометрическая съемка размываемого берегового уступа. Здесь же представлены результаты относительно регулярной геодезической съемки размываемых береговых уступов на 8 участках рек, которые проводились в течение 2003–2023 гг. (рис. 1).

Геодезическая съемка, как правило, проводилась на активно размываемых участках излучин рек с помощью лазерных тахеометров: Trimble 3305, затем Nikon NPR-332. Тахеометрическая съемка позволяет рассчитать не только линейные параметры размыва, но также площадные и объемные показатели [5, 6].

С лета 2019 г. при инструментальной съемке исследуемых объектов нами применяется спутниковый приемник EFT M1+ вместе с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА): вначале DJI Phantom 4, позднее Autel Evo II PRO. Общая методика использования БПЛА для географических исследований обычно включает 6 этапов, в результате чего создается цифровая модель местности (ЦММ) и ортофотоплан [8].

Обработка аэрофотоснимков проводится в отечественной программе Agisoft Metashape Professional. Подготовка топографических планов, расчет площадей и объемов размытого материала осуществляются с использованием программного комплекса «Кредо» [7].

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

Одним из важных показателей речного потока, дающим осредненное представление о ее размере, своеобразным индексом водотока, является порядок реки. С этим показателем тесно связан ряд важнейших морфодинамических характеристик русла, таких как ее ширина и глубина, их отношение между собой, а также среднегодовые расходы реки [9, 10, 21, 23, 30].

Для исследуемых рек расчет их порядков выполнялся по известной методике А.Е. Шайдеггера [41], базирующейся на подсчете притоков первого порядка, имеющих длину менее 10 км. Для территории УР и прилегающих равнинных регионов предлагается относить реки 6-го и меньшего порядка к очень малым, 6,1–9-го порядка – к малым, реки 9,1–14-го порядка – к средним и свыше, 14,1 порядка – к большим или крупным [29, 30].

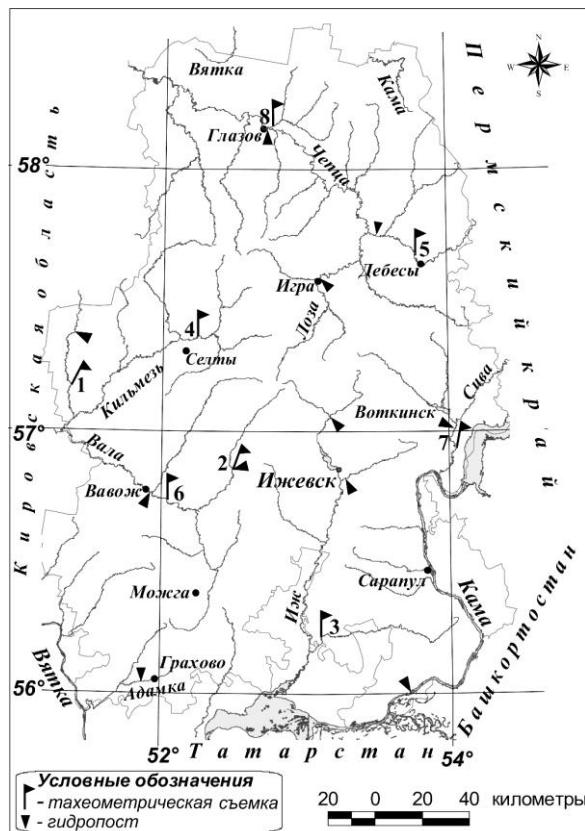


Рис. 1. Карта-схема расположения ключевых участков по изучению морфодинамики русел рек республики Удмуртия с применением инструментальных методов.

Условные обозначения ключевых участков: 1 – р. Лумпун (д. Харламовская Пристань), 2 – р. Нылга (с. Нылга), 3 – р. Кырыкмас (д. Тавзял), 4 – р. Кильмезь (д. Головизнин Язок), 5 – р. Чепца (д. Варни), 6 – р. Вала (д. Макарово), 7 – р. Сива (д. Метляки), 8 – р. Чепца (с. Адам)

Fig. 1. Map-scheme of key sites for studying the morphodynamics of river channels in the Republic of Udmurtia using instrumental methods.

Designations of the key sites: 1 – Lumpun River (Kharlamovskaya Prystan village), 2 – Nylga River (Nylga village), 3 – Kyrykmas River (Tavziamal village), 4 – Kilmez River (Goloviznin Yazok village), 5 – Cheptsa River (Varni village), 6 – Vala River (Makarovo village), 7 – Siva River (Metlyaki village), 8 – Cheptsa River (Adam village)

Результаты и обсуждение

Ниже впервые представлены к обсуждению количественные данные тахеометрических съемок на размываемых участках свободных излучин малых и средних рек УР за период 2003–2023 гг. Для удобства анализа рассмотрим их согласно принадлежности к группе в соответствии с рассчитанным порядком. На очень малых реках (порядок 6,0 и менее) тахеометрическая съемка не проводилась вследствие небольших по протяженности участков размыва, которые целесообразнее было оценивать на основе реперных замеров. Согласно нашей классификации, большая часть участков русел, где осуществлялась тахеометрическая съемка, относится к группе малых рек.

На реке Лумпун (правый приток р. Кильмезь) в 80 м от моста вверх по течению в д. Харламовская Пристань (рис. 1) геодезическая съемка береговой линии осуществлялась на протяжении 111 м, здесь средняя высота размываемого берегового уступа равна 8,8 м. Как и в большинстве случаев, тахеометрическая съемка велась ежегодно с 2003 по 2014 г., в 2015–2022 гг. ее не было. В эти годы проводились только реперные наблюдения. Река на исследуемом участке имеет порядок 7,8, средний многолетний расход реки у д. Шмыки (23 км выше по течению от исследуемого участка) составляет $8,25 \text{ м}^3/\text{s}$. Максимальный суточный расход был зарегистрирован 3–4 мая 1979 г. и равнялся $292 \text{ м}^3/\text{s}$ согласно данным, предоставленным Удмуртским центром по гидрометеорологии

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Рысин И.И., Григорьев И.И.

и мониторингу окружающей среды (УЦГМС) [2]. Минимальные меженные расходы летнего периода изменяются в пределах от 1,38 (2010 г.) до 3,31 $\text{м}^3/\text{с}$ (2007 г.).

Протяженность размываемого участка за рассматриваемый период изменялась в следующих пределах: от 48,2 м в 2012 г. до 110 м в 2005 г. В 2012 г. была отмечена и минимальная ширина размыва, составившая всего 0,18 м. Максимальные значения ширины размывов на участке зафиксированы в 2005 (2,26 м), 2006 (1,85 м), 2010 (1,44 м) гг. (табл. 1). Самые низкие значения площадей размыва приурочены к 2012, 2013, 2004 гг., в эти же годы были зарегистрированы и минимальные значения объемов (табл. 2). Максимальные значения площадей и объемов размыва не всегда совпадают по годам с максимальной шириной размывов, что вполне очевидно, поскольку максимальный размыв часто имеет локальный характер и может быть связан, например, с небольшим оползнем-обвалом или обрушением одиночного дерева вместе с мощной корневой системой. В данном случае максимальные значения площади ($81,9 \text{ м}^2$) и объема размыва (737 м^3) были зафиксированы в 2006 г. (табл. 2), когда на реке в апреле был отмечен наивысший уровень (912 см) за весь рассматриваемый период. В 2005 г. площади и объемы размыва были существенно ниже, а также были заметно ниже и среднемесячные расходы в апреле ($39,6 \text{ м}^3/\text{с}$). Существенные размывы в 2007 и 2010 гг. хорошо коррелируют с высокими уровнями половодья в эти годы, когда они составили 830 и 807 см соответственно. К сожалению, достоверный корреляционный анализ с расходами или уровнями для данного участка невозможен, поскольку наблюдения за расходами прекратились в 2011 г., а за уровнями – в 2013 г.

Тахеометрическая съемка участков размыва по длине излучины выявила здесь особенности, существенно отличающиеся от ниже рассмотренных объектов (рис. 2). Анализ топографического плана и крупномасштабной

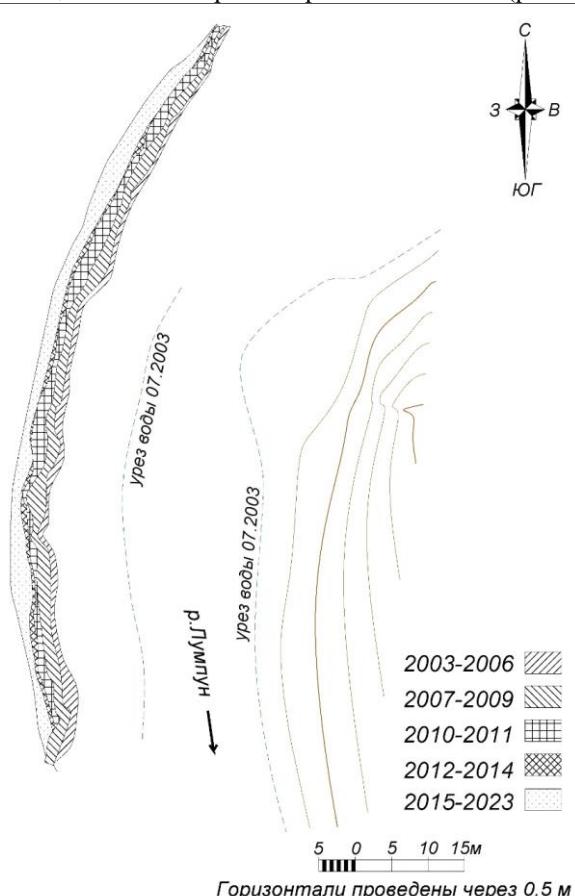
карты исследуемого участка показывает, что излучина данной реки, в соответствии с классификацией МГУ [36, 38], в морфогенетическом плане относится к типу свободных, а по внешнему виду – к сегментным. Съемка осуществлялась в вершине излучины, которая характеризуется плавным уменьшением радиуса кривизны вниз по течению, соответственно, наблюдается аналогичное возрастание ширины и площади размываемого участка вниз по течению. При этом, как и на некоторых других реках, участки максимального размыва соответствуют мысовидным выступам, которые к июлю 2023 г. уже были уничтожены боковой эрозией.

Тахеометрическая съемка на р. Нылге (на Ю-З окраине с. Нылга), являющейся правым притоком р. Валы (рис. 1), осуществлялась с 2003 г. с 6-летним перерывом в 2015 г. С 2015 по 2020 г. и в 2022 г. проводились наблюдения только с применением реперов. Река на исследуемом участке имеет порядок 8,3, средний многолетний расход реки у с. Нылга (1968–2010 гг.) равен $6,28 \text{ м}^3/\text{с}$ [22], максимальный годовой был зарегистрирован УЦГМС весной 2014 г. и составил $95,8 \text{ м}^3/\text{с}$, высоким данный показатель был и в 2013 г. ($93,1 \text{ м}^3/\text{с}$). Минимальные меженные расходы изменяются в пределах от 0,59 (2010 г.) до $2,34 \text{ м}^3/\text{с}$ (2007 г.) [4]. Протяженность береговой линии, где велась геодезическая съемка, составила в 2005 г. 330 м, а средняя высота размываемого берегового уступа равна 2,5 м.

Анализ полученных данных показывает, что протяженность размываемого участка на реке изменилась в значительных пределах: от 55 м в 2023 г. до 329 м в 2005 г., что соответствует шестикратному уменьшению за указанный период.

Рис. 2. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Лумпун (д. Харламовская Пристань) за 2003–2023 гг.
Fig. 2. Displacement of the eroding bank scarp on the Lumpun River (Kharlamovskaya Priestan village) for 2003–2023

Самые низкие значения ширины размывов получились за 2005 г. Наибольшие значения максимальной ширины размывов были зафиксированы в 2013 (3,29 м), 2006 (3,23 м), 2005 (2,66 м) гг. (табл. 1). Максимальные же площади размывов расположились по годам в несколько ином порядке: здесь в лидерах оказался 2005 г., затем следует 2013 г. и на последнем месте оказался 2006 г., что неплохо соглашается с высокими уровнями и расходами половодий. Так, в 2006 г. максимальные расходы половодья составили $88,6 \text{ м}^3/\text{с}$, что немногим меньше 2013 г. В таком же порядке расположились годы с максимальными объемами размывов: 2005, 2013, 2006 гг. (табл. 2).



Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

Таблица 1
Table 1

Средняя и максимальная ширина размывов на участках рек по данным тахеометрической съемки за 2004–2023 гг.
The average and maximum widths of erosion at river sections according to the tacheometric survey data for 2004–2023

Годы	Лумпун	Нылга	Кырык-мас	Кильмезь	Чепца/ Варни	Сива	Вала	Чепца/ Адам
2004	0,23/0,60*	0,66/1,26	0,75/2,76	0,38/1,10	0,35/0,97	0,87/1,86	0,72/1,70	0,25/1,53
2005	0,60/2,26	0,44/2,66	0,42/2,34	0,56/1,82	0,32/0,78	1,07/3,40	0,96/2,60	0,62/2,90
2006	0,75/1,85	0,51/3,23	0,74/2,41	0,48/1,36	0,44/1,63	1,41/4,17	0,24/1,52	2,08/6,15
2007	0,40/1,02	0,39/1,97	0,71/3,82	0,38/1,66	0,42/2,20	0,53/2,59	0,64/1,64	0,49/2,13
2008	0,23/0,85	0,19/0,62	0,99/3,06	0,59/2,49	0,18/1,01	0,67/2,07	0,78/1,82	0,39/1,30
2009	0,32/0,84	0,36/1,37	0,46/1,52	0,24/0,93	0,33/1,08	0,64/2,59	0,25/0,82	0,52/1,35
2010	0,45/1,44	0,19/0,50	2,34/4,74	0,54/1,77	0,32/1,05	1,99/3,50	0,27/0,97	0,482,25
2011	0,41/1,07	0,18/0,69	1,24/3,08	0,33/0,76	0,48/1,46	1,29/2,90	0,40/2,23	0,75/2,50
2012	0,18/0,52	0,48/1,24	1,50/5,01	1,11/2,46	0,68/2,23	1,54/5,96	0,60/1,91	2,02/5,42
2013	0,21/0,62	0,72/3,29	0,88/3,04	0,35/1,52	0,27/1,98	0,86/2,77	0,46/1,55	1,12/3,64
2014	0,23/0,69	0,54/1,43	0,71/1,98	1,13/1,73	0,53/1,63	0,86/2,90	0,28/1,14	0,86/3,13
2015	—	—	—	—	—	0,52/3,52	1,62/4,15	—
2016	—	—	—	—	—	1,69/4,02	—	—
2017	—	—	0,39/0,81	—	—	—	—	—
2018	—	—	0,42/1,70	—	—	—	—	—
2019	—	—	0,75/3,59	—	—	—	—	—
2020	—	—	0,44/1,38	—	—	0,12/0,41	—	—
2021	—	0,15/0,27	2,44/8,14	—	—	0,58/2,65	0,13/0,39	—
2022	—	—	0,77/3,40	—	—	0,22/0,62	0,30/1,88	—
2023	0,19/0,32	0,19/0,33	2,12/5,16	0,20/0,49	0,39/0,71	0,23/0,80	0,16/1,70	0,82/1,52

* В числителе – средняя ширина, в знаменателе – максимальная ширина в метрах; полужирным шрифтом выделены средние многолетние значения.

* The numerator is the average width, the denominator is the maximum width in meters; the average long-term values are highlighted in bold.

Таблица 2
Table 2

Площади и объемы размывов на участках рек по данным тахеометрической съемки за 2004–2023 гг.
The areas and volumes of erosion at river sections according to the tachymetric survey data for 2004–2023

Годы	Лумпун	Нылга	Кырыкмас	Кильмезь	Чепца/ Варни	Сива	Вала	Чепца/ Адам
2004	13,4/121*	86,6/216	213,4/1088	51,7/114	61,3/264	182,9/640	212,6/891	92,6/500
2005	66/594	144,1/360	60,6/416	74,6/164	36,7/158	227,2/795	258,9/1085	211,7/1143
2006	81,9/737	127,3/318	94,8/646	65,1/143	65,2/280	258,6/1255	36,8/156	883,7/4772
2007	41,7/375	117,6/294	105/712	54,4/120	52,2/224	149,2/522	165,3/693	232,5/1256
2008	19,7/177	39,2/98	101,5/690	63,1/139	17,1/74	93,1/326	214,2/895	113,6/613
2009	25,9/233	84,5/211	84,1/570	172/19,0	36,8/158,0	148,2/519	51,4/216	187,2/1011
2010	46,4/418	42,5/106	348,8/2367	73,9/163	54,8/236	520,1/1820	47,5/199	152,4/823
2011	38,3/345	32,8/82	214,5/1461	50,5/111	71,6/308	342,3/1198	117,0/494	274,7/1483
2012	8,9/80,0	100,1/250	313,9/2136	143,3/315	99,4/427	331,7/1161	143,8/601	977,1/5276
2013	12,9/116	137,7/344	149,6/1021	41,5/91	24,1/104	210,2/736	132,2/553	553,4/2988
2014	14,6/131	31,8/80	101/687	124,3/273	71,1/306	146,7/513	47,6/203	363,5/1963
2015	—	—	—	—	—	59,7/209	505,2/2120	—
2016	—	—	—	—	—	397,3/1391	—	—
2017	—	—	74,1/506	—	—	—	—	—
2018	—	—	54/369	—	—	—	—	—
2019	—	—	174,1/1184	—	—	—	—	—
2020	—	—	54,1/368	—	—	15,4/54	—	—
2021	—	42,8/107	596,8/4058	—	—	113,8/398	41,1/173	—
2022	—	—	212,2/1443	—	—	34,8/122	87,8/369	—
2023	20,1/181	10,2/26	402,1/2731	35,8/79	71,3/306	39/136	39,2/165	439/2370

* В числителе – площадь размыва в м², в знаменателе – объем размыва в м³; полужирным шрифтом выделены средние многолетние значения.

* The numerator is the area of erosion in m², the denominator is the volume of erosion in m³; the average long-term values are highlighted in bold.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

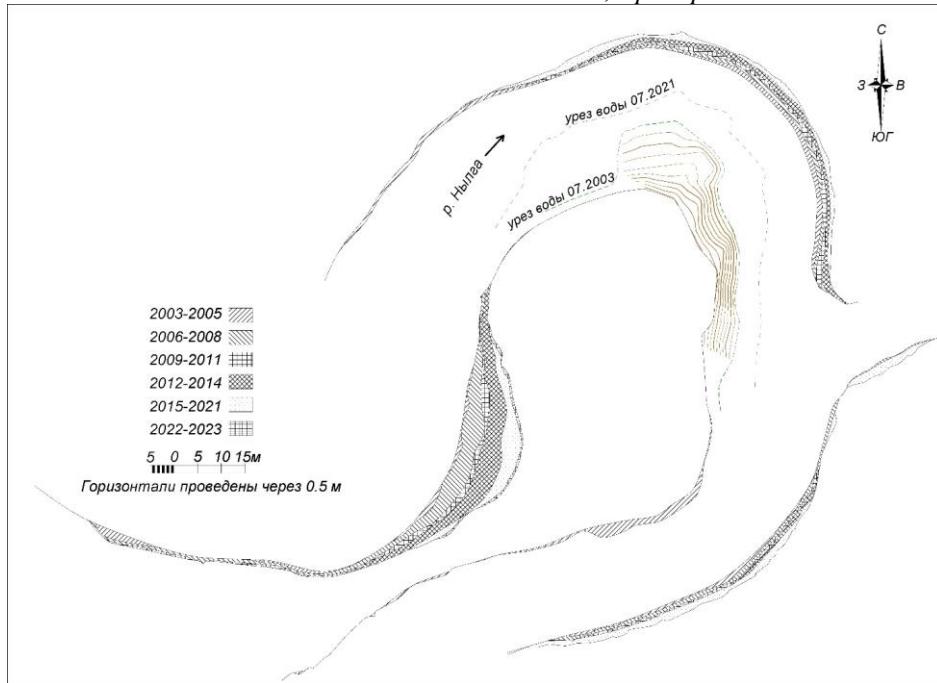


Рис. 3. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Нылге (с. Нылга) за 2003–2023 гг.

Fig. 3. Displacement of the eroding bank scarp on the Nylga River (Nylga village) for the years 2003–2023

По топографическому плану исследуемого участка видно, что излучина данной реки, в соответствии с вышеупомянутой классификацией, относится также к свободной, но по внешнему виду она петлеобразная. Наименьший радиус кривизны излучины находится чуть ниже по течению от шейки петли (наиболее узкая часть между соседними руслами), именно в этом месте фиксируются максимальные значения ширины размывов, достигающие в сумме до 15 м (рис. 3). На схеме отчетливо видно, что зона с максимальными размывами немножко смещена вниз по течению от участка с наивысшей крутизной.

В верхней части излучины русло имеет существенно меньшую кривизну и, соответственно, там можно выделить 2 зоны: зону очень слабого размыва с малыми значениями кривизны (верхнее крыло, левый берег) и зону среднего размыва с более высокими показателями кривизны (вершина излучины). На противоположной стороне от шейки излучины ниже притока также можно выделить зону умеренного размыва (нижнее крыло, левый берег), уступающему по ширине размыва вершине излучины. В нижнем крыле излучины на ее правом берегу выделяется еще одна зона очень слабого размыва, где исследуемые процессы были зафиксированы лишь в первые годы наблюдений.

На большинстве рассматриваемых рек ежегодные инструментальные измерения продолжались до 2014 г., в последующие годы геодезическая съемка проводилась эпизодически. Наиболее продолжительный ряд непрерывных инструментальных наблюдений на малых реках в настоящее время имеется лишь для р. Кырыкмас (лев. приток р. Иж) (рис. 1). Здесь геодезическая съемка около д. Тавзяマル (в 1100 м к Ю-В от окраины деревни) началась в 2003 г. и продолжается до настоящего времени. Перерывы в съемочных работах по различным причинам были только дважды: в 2015 и 2022 гг. Протяженность береговой линии, где осуществляется тахеометрическая съемка, составляет 290 м, средняя высота размываемого берегового уступа – 6,8 м соответственно.

Согласно «Ведомости...» [4], измеренные меженные расходы в устье составили $2,14 \text{ м}^3/\text{s}$, а рассчитанные значения 50 % обеспеченности – $2,16 \text{ м}^3/\text{s}$ соответственно. Ключевой участок расположен около 10 км выше устья реки. Река на исследуемом участке имеет порядок 8,4, по размеру и расходам близка к р. Нылге (порядок 8,3) и р. Позимь (лев. приток р. Иж), имеющей порядок 8,5. Поскольку на исследуемой реке отсутствует гидрологический пост, для представления о расходах можно ориентироваться на указанные реки. В ландшафтном отношении и по географическому положению для реки-аналога лучше подходит р. Позимь.

За 20-летний период наблюдений длина размываемой береговой линии здесь изменилась в значительных пределах: от 102,5 м в 2008 г. до 284,2 м в 2004 г. Высокие значения протяженности размываемых участков наблюдались в 2012 (209,4 м), 2019 (228,7 м), 2021 (244,2 м), 2023 (276,8 м) гг. Средняя ширина размывов на реке изменялась в небольших пределах: от 0,39 (2022–2023 гг.) до 2 м и более (2010, 2015, 2016, 2021 гг.). Максимальные значения размывов варьировали более существенно: от 1,38 до 3,5–8 м и более в 2012, 2019–2021 гг. (табл. 1). Наибольшие значения площадей и объемов размывов отмечались в 2021, 2016, 2010, 2012 гг. (табл. 2).

По топографическому плану исследуемого участка видно, что излучина данной реки, в соответствии с вышеупомянутой классификацией, относится также к свободной, но по внешнему виду она петлеобразная. Наименьший радиус кривизны излучины находится чуть ниже по течению от шейки петли (наиболее узкая часть между соседними руслами), именно в этом месте фиксируются максимальные значения ширины размывов, достигающие в сумме до 15 м (рис. 3). На схеме отчетливо видно, что зона с максимальными размывами немножко смещена вниз по течению от участка с наивысшей крутизной.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

Представленные данные показывают, что в нижнем течении р. Кырыкмас максимальные значения ширины, площади и объемов размыва приурочены ко второй половине периода наблюдений, что свидетельствует о хорошо выраженной положительной (восходящей) тенденции во временной динамике исследуемого процесса. Положительный тренд подтверждается здесь и данными реперных наблюдений.

Корреляционный анализ максимальной ширины размывов на р. Кырыкмас за 2004–2021 гг. с максимальными годовыми расходами на р. Позимь за эти же годы показал достаточно значимую связь, о чем свидетельствуют значения коэффициентов корреляции ($r=0,617$) и детерминации ($R^2=0,381$) (рис. 4).

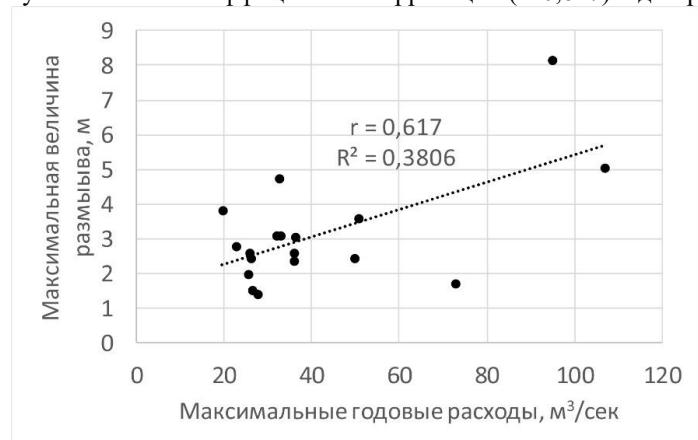


Рис. 4. График зависимости между максимальной величиной размыва на р. Кырыкмас и максимальными годовыми расходами на р. Позимь за 2004–2021 гг.

Fig. 4. The relationship between maximum erosion on the Kutykmas River and maximum annual water flow on the Pozim River for 2004–2021

Достоверная положительная связь выявлена также между площадями ($r=0,58$) и объемами ($r=0,59$) размывов на р. Кырыкмас, а также максимальными годовыми расходами на р. Позимь за указанный период. Пространственное распределение зон размыва представлено на топографическом плане участка (рис. 5). Согласно вышеупомянутой классификации [37], данную излучину можно охарактеризовать как развитую сегментную, исследуемый участок находится в ее нижнем крыле, где отчетливо выделяются зоны размыва. Верхняя часть крыла соответствует зоне слабого размыва, достаточно протяженная центральная часть характеризуется максимальными размывами, достигающими суммарно 24–25 м. В самой нижней части крыла излучины расположена 3-я зона умеренного размыва со значениями размыва до 8–10 м, куда в последние годы смещается зона интенсивного размыва. Аналогичные исследования прово-

дились в верхнем течении р. Кильмезь (лев. приток р. Вятки) в д. Головизнин Язок в 50 м от автомобильного моста вниз по течению (рис. 1). Геодезическая съемка береговой линии здесь осуществляется на протяжении 176 м, средняя высота размываемого берегового уступа – 2,8 м. Тахеометрическая съемка на этом участке проводится с 2003 г. с 8-летним перерывом после 2015 г. С 2015 по 2022 г. проводились только реперные наблюдения. Река на данном участке имеет порядок 8,7, средний многолетний расход реки у с. Малые Сюмси (45 км ниже по течению от исследуемого участка) составляет 24,9 м³/с. Максимальный годовой расход был зарегистрирован в 1957 г. – 34,3 м³/с [22].

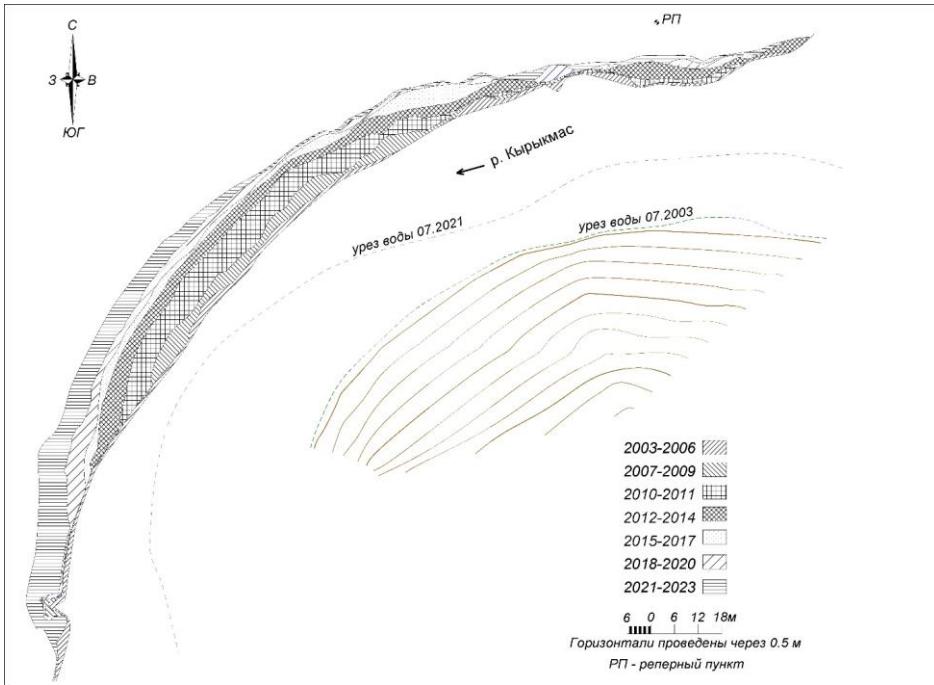


Рис. 5. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Кырыкмас (д. Тавзямал) за 2003–2023 гг.

Fig. 5. Displacement of the eroding bank scarp on the Kyrykmas River (Tavziamal village) for 2003–2023

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

Измеренный в июле меженный расход на этом участке составил $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$, расчетный меженный расход 50 % обеспеченности – $3,1 \text{ м}^3/\text{с}$ [4].

Длина линии размываемого участка изменялась в небольших пределах: от 89,8 м в 2009 г. до 175,3 м в 2023 г. Минимальные среднегодовые размывы берегов были отмечены в период с 2015 по 2023 г. (0,20 м) и в 2009 г. (0,24 м). Максимальные линейные размывы были зафиксированы в 2008 (2,49 м) и 2012 (2,46 м) гг. (табл. 1). Наименьшие площади размыва были отмечены в те же годы, что и линейные. Максимальные площадные размывы немного отличаются от линейных, они были зарегистрированы в 2012 и 2014 гг. В эти же годы отмечались и рекордные для ключевого участка объемы размыва (табл. 2). Как и для многих вышерассмотренных рек, для данного участка реки невозможно определить общие тенденции динамики процессов размыва берегов вследствие еще больших временных перерывов в геодезической съемке.

Анализ пространственного распределения участков размыва по длине излучины выявил некоторые особенности (рис. 6). В данном случае размывается относительно прямолинейный участок нижнего крыла сегментной излучины, незначительно осложненный выступающими мысами, к которым и приурочены основные площади размыва. Участки же между мысами размываются незначительно. Поэтому здесь можно выделить 3 зоны, неравные по протяженности и величине размыва. Первая зона среднего размыва перед первым мысом, затем ниже по течению располагается более протяженная и относительно прямолинейная зона со слабым размывом, последняя сменяется зоной более сильного размыва, обусловленного мысовидными выступами и возросшей кривизной излучины.

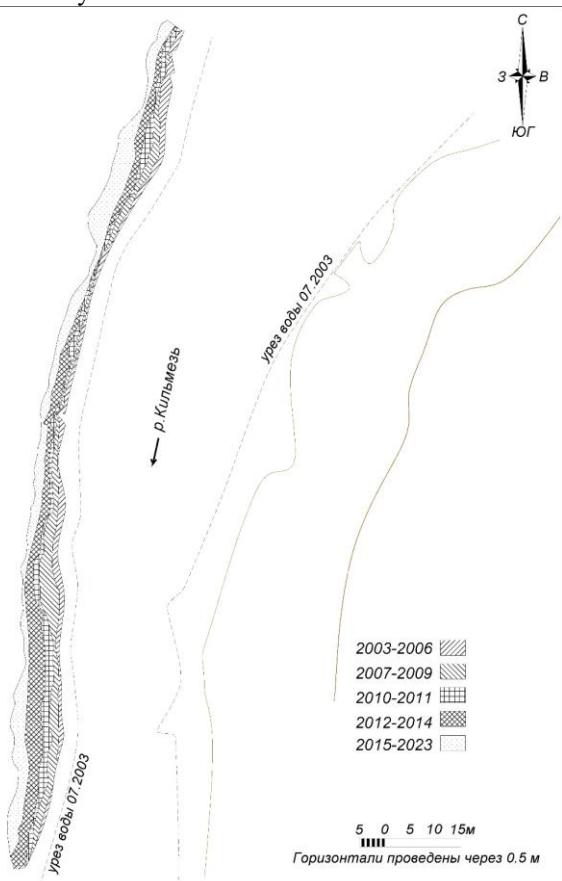


Рис. 6. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Кильмезь (д. Головизнин Язок) за 2003–2023 гг.

Fig. 6. Displacement of the eroding bank scarp on the Kilmez River (Goloviznin Yazok village) for 2003–2023

Пространственное распределение зон размыва участка, полученный при тахеометрической съемке (рис. 7). На представленном рисунке показано нижнее крыло пологой сегментной излучины, имеющей сравнительно малую кривизну, где достаточно четко выделяются 3 неравномерные по протяженности зоны: зоны слабого размыва в самой верхней и самой нижней частях крыла, протяженностью не более 15–18 м каждая и центральная зона сильного размыва, где ширина размыва достигает 8–12 м.

На реке Чепце (лев. приток р. Вятки) исследования русловых деформаций с применением инструментальных методов проводятся в ее верхнем (д. Варни) и среднем течении (с. Адам) (рис. 1). Длина береговой линии в д. Варни (С-З окраина деревни в 270 м вверх по течению от моста), где осуществляется съемка, составляет 190 м. Средняя высота размываемого берегового уступа на этом ключевом участке равна 3,9 м. Тахеометрическая съемка осуществлялась здесь с 2003 г. с 8-летним перерывом в 2015 г. С 2015 по 2022 г. наблюдения за размывом осуществлялись с применением реперов и марок. Река на исследуемом участке имеет порядок 8,7, средний многолетний расход реки у с. Полом (1933–2018 гг.), расположенного в 28 км ниже по течению, равен $37,5 \text{ м}^3/\text{с}$ [2].

Протяженность размываемого участка у д. Варни изменилась в небольших пределах: от 87,9 м в 2013 г. до 184 м в 2023 г. Значительными были размываемые участки в 2004, 2010–2012 гг. Наименьшие значения средней ширины размывов были отмечены в 2008 (0,18 м), 2013 (0,27 м) гг. Высокие значения максимальной ширины размывов присутствовали в 2012, 2007, 2013, 2014 гг. (табл. 1), когда на реке были зарегистрированы наибольшие значения расходов половодья. Высокие значения максимальных площадей и объемов размывов были отмечены преимущественно в последние годы наблюдения, включая 2012, 2011, 2014, 2015–2023 гг. (табл. 2). Максимальные расходы половодья были зарегистрированы именно в последние годы наблюдения: в 2016 ($1010 \text{ м}^3/\text{с}$), 2012 ($617 \text{ м}^3/\text{с}$), 2013 ($585 \text{ м}^3/\text{с}$), 2014 ($580 \text{ м}^3/\text{с}$) гг. Таким образом, в верховьях р. Чепцы максимальные значения ширины, площади и объемов размыва приурочены ко второй половине периода наблюдений, здесь выявляется явный положительный (восходящий) тренд в многолетней динамике размыва берегов.

илюстрирует топографический план исследуемого участка, полученный при тахеометрической съемке (рис. 7). На представленном рисунке показано нижнее крыло пологой сегментной излучины, имеющей сравнительно малую кривизну, где достаточно четко выделяются 3 неравномерные по протяженности зоны: зоны слабого размыва в самой верхней и самой нижней частях крыла, протяженностью не более 15–18 м каждая и центральная зона сильного размыва, где ширина размыва достигает 8–12 м.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

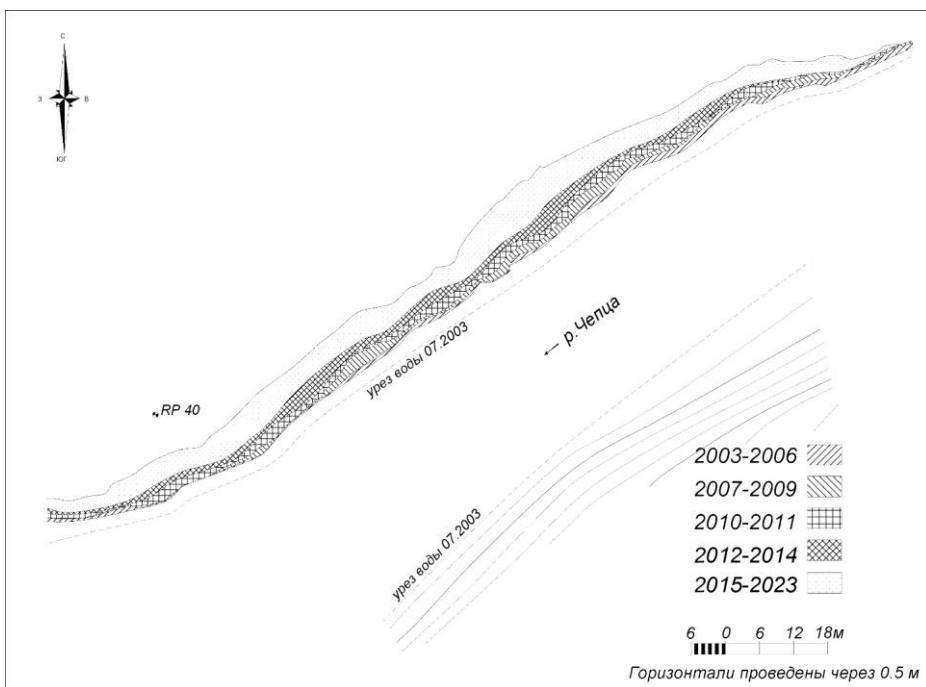


Рис. 7. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Чепца (д. Варни) за 2003–2023 гг.

Fig. 7 Displacement of the eroding bank scarp on the Cheptsa River (Varni village) for 2003–2023

К следующей группе средних рек, где проводятся достаточно регулярные наблюдения с применением инструментальных методов, относятся реки Вала, Сива, Чепца. На реке Вале (лев. приток р. Кильмезь), на участке у д. Макарово (в 1,6 км от моста вниз по течению), тахеометрическая съемка проводилась в течение 15 лет, начиная с 2003 г. В 2015–2019 гг. геодезическая съемка не проводилась, в эти годы наблюдения осуществлялись с помощью реперов и марок. Высота размываемого берегового уступа здесь составляет 4,2 м, а длина съемки береговой линии – 314 м. Река на данном участке имеет порядок 9,3, средний многолетний расход реки у с. Вавож (1952–2018 гг.) составляет 22,4 м³/с. Максимальный расход был зарегистрирован 2 мая 1979 г. и составил 468 м³/с согласно данным, предоставленным УЦГМС [2]. Минимальный меженный расход летнего периода за время наблюдений был зарегистрирован в 2010 г. и составил 2,39 м³/с.

Здесь протяженность размываемого участка излучины изменялась от 154,8 м (2006 г.) до более 300 м в 2020, 2021 гг. Самые низкие значения ширины размывов были получены в 2023, 2006, 2009 гг., наибольшие – в 2005, 2021, 2011 гг. (табл. 1) соответственно. Наиболее низкие показатели площадей размыва были отмечены в 2006, 2023, 2010, 2014 гг. Наибольшие площади отступания береговых уступов здесь также не всегда совпадают по времени наибольшим линейным значениям. Так, существенные площади размыва отмечены в 2005, 2021, 2008, 2004 гг. (табл. 2).

Максимальные величины линейного и площадного размывов по годам соответствуют высоким значениям максимальных годовых расходов. Так, в 2005 году он составил 217 м³/с, а в 2021 г. – 304 м³/с, что лишь незначительно уступает расходу 2016 г. (319 м³/с), он наивысший за весь период исследований на реке. К сожалению, в этот год инструментальные наблюдения не проводились, и, по данных реперных наблюдений, в этот год здесь были зафиксированы второй по величине максимум среднегодового размыва за весь период наблюдений (0,8 м) и одно из высоких значений максимального размыва (1,4 м). Значительные вариации характерны и для объемов размыва. Самые низкие значения объемов размыва были в 2006, 2023, 2010 гг. Наиболее высокие объемы размыва были зарегистрированы, как и в случае с площадями, в 2005, 2021, 2008 гг. (табл. 2). В 2008 г. максимальные расходы половодья были выше, чем в 2005 г., и составили 226 м³/с. Учитывая относительно короткий срок наблюдения и наличие 5-летнего перерыва, трудно сделать однозначные выводы о тренде в динамике процессов размыва на исследуемом участке реки.

Рассмотрим, как изменяются величины размывов в пространстве, т.е. в пределах исследуемой излучины, являющейся по типу свободной, а по внешнему виду сегментной (рис. 8). Для удобства анализа разделим исследуемый участок на 4 части с юга на север, затем на запад вниз по течению, при этом середина излучины (вершина) оказывается в том месте, где она имеет наибольшую кривизну. Максимальные значения ширины и площадей размыва располагаются ниже по течению от вершины излучины и в основном соответствуют третьей части излучины. Здесь суммарные размывы достигают 12–15 м. Вторая часть излучины, расположенная выше по тече-

Таким образом, анализ динамики размывов на 5 малых реках показал, что на большинстве изучаемых участков ряд наблюдений по продолжительности недостаточный, чтобы делать уверенные заключения о тенденции их развития в перспективе. Исключением является лишь одна река, где продолжительность регулярных наблюдений достаточна для утверждения о наблюдаемой положительной тенденции в динамике размывов за исследуемый период. Величина размывов на р. Кырыкмас имеет достаточно надежную положительную связь

с максимальными расходами половодья на р. Позимь, выбранной в качестве реки-аналога.

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Рысин И.И., Григорьев И.И.

нию, немного уступает по величине размывов от ниже расположенного участка. На 3-м месте по величине размыва находится нижняя (четвертая) часть излучины. Наименьшая зона размыва расположена в самой верхней (первой) части излучины, где прослеживаются локальные оползни-обвалы (обрушения) в береговых уступах.

О расположении максимальных участков размыва ближе к нижнему крылу излучины говорится также в исследованиях на р. Керженец в Нижегородском Заволжье [14, 15]. Механизм размыва излучин и отложения наносов в русловом потоке – весьма дискуссионный и не до конца разработанный вопрос. Критический обзор различных гипотез содержится в многочисленных трудах как отечественных, так и зарубежных ученых [12, 13, 17, 18, 31, 33, 38, 45, 48].

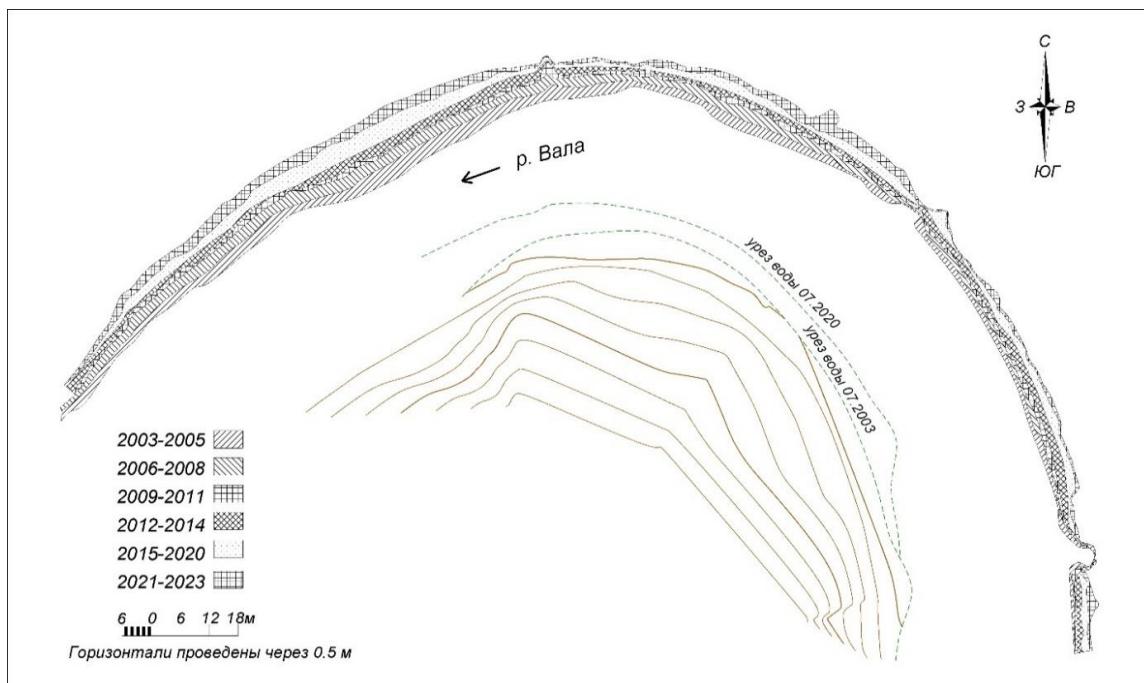


Рис. 8. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Вала (д. Макарово) за 2003–2023 гг.

Fig. 8. Displacement of the eroding bank scarp on the Vala River (Makarovo village) for 2003–2023

На р. Сиве (пр. приток р. Камы) у д. Метляки геодезическая съемка береговых размывов осуществляется на двух участках. Поскольку 2-й участок расположен дальше от деревни и добираться туда сложнее, чем на первый, там инструментальная съемка проводилась реже. Вследствие этого здесь приводятся лишь данные по первому участку, расположенному в 500 м к западу от северной окраины деревни (рис. 1). Протяженность рассматриваемого участка, где осуществляется тахеометрическая съемка, составляет 300 м, средняя высота размываемого берегового уступа равна 3,5 м. Инструментальная съемка здесь проводится с 2003 г. с перерывом в 2016–2018 гг. Река на исследуемом участке имеет порядок 10,8, средний многолетний расход реки у с. Гавриловка (1991–2018 гг.), расположенного в 9 км выше по течению, равен $22,27 \text{ м}^3/\text{s}$, максимальный годовой расход, по данным УЦГМС, был зарегистрирован в 2021 г. и составил $260 \text{ м}^3/\text{s}$. Минимальный меженный расход летнего периода был отмечен в 2010 г. ($9,72 \text{ м}^3/\text{s}$).

За рассматриваемый период протяженность размываемого участка излучины варьировалась от 115 м в 2015 г. до 283 м в 2007 г. Величины средней ширины отступания береговых уступов изменялись от 0,22 (2022 г.) до 1,99 м (2010 г.), при этом значительные показатели были получены также в 2006 и 2012 гг. Высокие значения максимальной ширины размывов были зарегистрированы в 2012, 2006, 2015, 2010 гг. (табл. 1). В эти же годы на реке были зафиксированы наиболее высокие половодные расходы: 293 (2010 г.), 243 (2012 г.), 203 (2016 г.), 260 (2021 г.) $\text{м}^3/\text{s}$. Минимальные площади и объемы размывов отмечались в 2022, 2023, 2015, 2020 гг., наибольшие же значения были присущи 2010, 2006, 2011, 2012 гг. (табл. 2).

Анализ максимальных значений ширины, площади и объема размывов свидетельствует об отсутствии какой-либо явно выраженной тенденции в динамике развития береговых размывов на р. Сиве. Анализ же максимальных годовых (половодных) расходов на реке говорит о явно выраженным положительном тренде, что особенно заметно, начиная с 2010 г.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

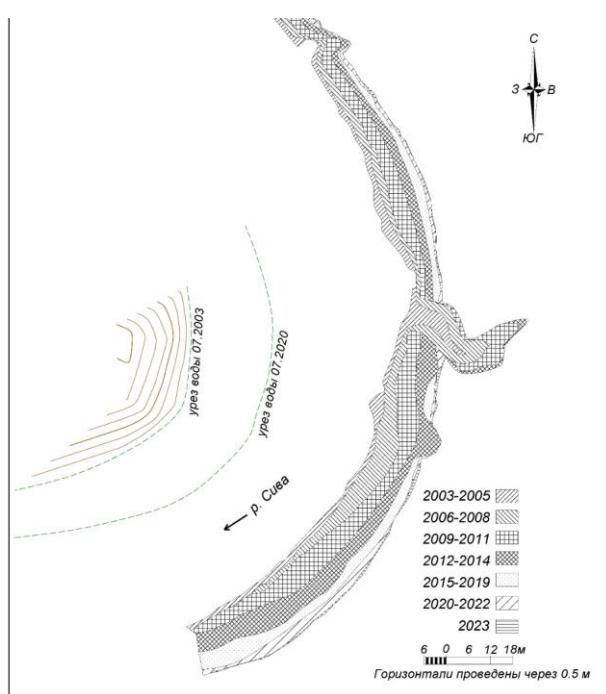


Рис. 9. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Сиве (д. Метляки) за 2003–2023 гг.

Fig. 9. Displacement of the eroding bank scarp on the Siva River (Metlyaki village) for 2003–2023

Средняя ширина размыва на участке изменялась в небольших пределах: от 0,25 м в 2004 г. до более 2 м в 2006 и 2012 гг. Наибольшие значения максимальной ширины размывов были зафиксированы в 2006, 2012, 2013, 2014 гг. (табл. 1). Наиболее высокие значения площадей и объемов размывов отмечены в 2012, 2006, 2013, 2014, 2015–2023 гг. (табл. 2).

В указанные годы были зарегистрированы и максимальные годовые расходы: 1130 (2006 г.), 1010 (2012 г.), 962 (2013 г.), 895 (2014 г.) м³/с, наивысший же расход за последние 25 лет был отмечен в 2016 г. и составил 1409 м³/с. Именно аномальное половодье 2016 г. обеспечило высокие показатели размыва за последние 9 лет. Достаточно высоким было половодье и в 2021 г., когда максимальные расходы достигли 934 м³/с. Приведенные данные показывают, что в среднем течении р. Чепцы максимальные значения ширины, площади и объемов размыва, так же как и в ее верховьях (д. Варни), приурочены ко второй половине периода наблюдений, следовательно, на данном участке выявляется хорошо выраженный положительный тренд в динамике показателей размыва берегов.

Анализ топографического плана исследуемого участка демонстрирует то, что здесь представлено нижнее крыло пологой сегментной излучины с достаточно малой кривизной (рис. 10). В верхней части крыла наблюдаются 2 мысовидных выступа, к которым приурочены локальные максимумы размывов, достигающие 25 м и более. На остальной территории зоны размыва относительно однородные, за исключением самой верхней и нижней частей крыла, где ширина размыва заметно уменьшается.

Изучение топографического плана исследуемого участка показывает, что здесь представлена часть нижнего крыла развитой сегментной излучины свободного типа с достаточно выраженной кривизной в ее вершине, где и фиксируются максимальные значения ширины и площади размывов, суммарно достигающие 18–20 м (рис. 9). В зоне максимальной кривизны излучины находится активно растущий пойменный овраг и локальное оползневое обрушение (оползень-обвал) берегового уступа, образовавшееся в 2014 г. Здесь отмечается классическое смещение максимальной зоны размыва к нижнему крылу излучины, о чем говорилось выше.

Тахеометрическая съемка в среднем течении р. Чепцы у с. Адам (в 1,2 км на Ю-З от западной окраины села) проводилась в те же годы, что и на выше-рассмотренном участке. Длина участка, где проводится геодезическая съемка, наиболее протяженная и составляет 533 м. Средняя высота размываемого берегового уступа – 5,6 м. Протяженность размываемого участка изменилась в следующих пределах: от 291 м в 2008 г. до 532,7 м в 2023 г., при этом наиболее высокие значения отмечались в последние 12 лет: в 2011–2013, 2015–2023 гг. Река на исследуемом участке имеет порядок 11,8, средний многолетний расход реки у г. Глазова (1937–2018 гг.), расположенного в 10 км ниже по течению, равен 65,8 м³/с, максимальный суточный расход был зарегистрирован 6 мая 1979 г. и составил 1800 м³/с [2].

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

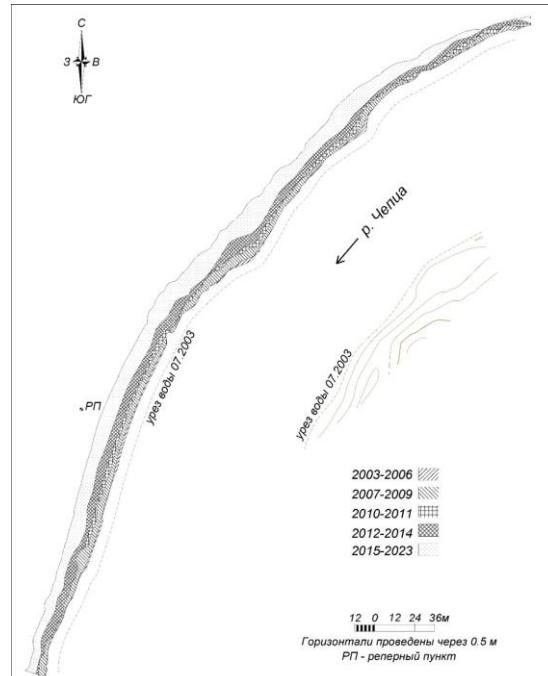


Рис. 10. Схема смещения размываемого берегового уступа на р. Чепце (с. Адам) за 2003–2023 гг.

Fig. 10. Displacement of the eroding bank scarp on the Cheptsa River (Adam village) for 2003–2023

Поскольку для вышерассмотренных участков на реках имеются гидрологические посты с данными о среднегодовых и максимальных годовых (половодных) расходах, включая период с 2004 по 2015 г., нами был проведен корреляционный анализ между максимальной шириной размыва и показателями стока. Корреляционная связь между максимальной шириной размыва и среднегодовыми расходами на р. Сиве (Гавриловка) и р. Чепце (Глазов) не обнаружена, поскольку они слаживаются меженными расходами и характеризуются незначительными вариациями. Связь же с максимальными годовыми расходами на р. Чепце получилась очень высокой ($r=0,899$), а для р. Сивы высокой ($r=0,600$) (рис. 11). На реке Чепце для участка у с. Адам связь между площадью и объемом размыва, с одной стороны, и максимальными годовыми расходами, с другой стороны, также оказалась высокой и получилась равной для обоих показателей ($r=0,787$). Аналогичная ситуация возникла и для р. Сивы на участке Метляки, где зависимость площадей и объемов размыва от максимальных годовых расходов также высокая ($r=0,794$) и превышает показатель связи с максимальной шириной размывов. Полученные показатели связи во всех случаях достоверны [16].

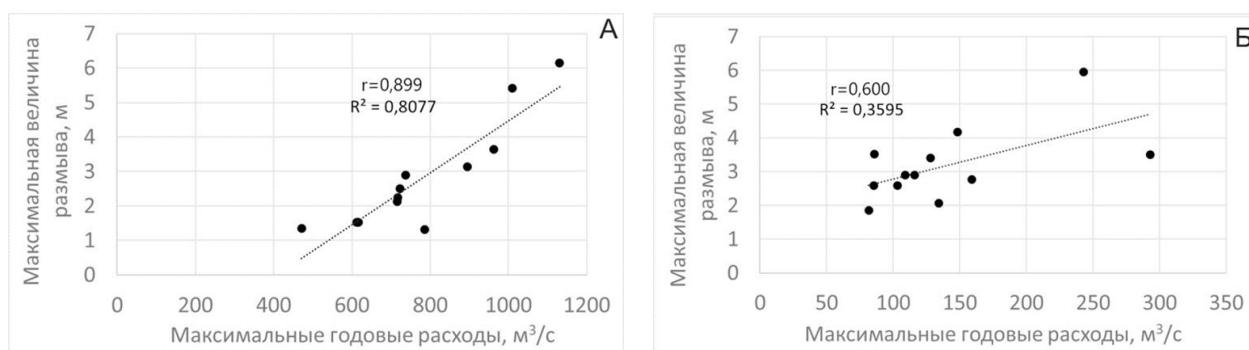


Рис. 11. Зависимости между максимальной шириной размыва на р. Чепце у с. Адам (А) и р. Сива у д. Метляки (Б) и их максимальными годовыми расходами за 2004–2015 гг.

Fig. 11. Relationship between the maximum width of erosion on the Cheptsa River near Adam village (A) and the Siva River near Metlyaki village (B) and their maximum annual discharges for 2004–2015

Анализ размывов на трех средних реках показал, что главным фактором, обеспечивающим размыв береговых уступов в условиях свободного развития излучин, являются максимальные годовые расходы, наблюдающиеся в период весеннего половодья. Участки с наибольшими размывами часто приурочены к нижнему крылу излучины и немножко смещены вниз по течению от точек с наибольшей кривизной.

В литературе приводятся сведения в основном о средних многолетних размывах береговых уступов для крупных и крупнейших равнинных рек России, достигающих 10–15 м/год, но также имеются публикации о боковых размывах до 200 м в год [19, 20, 27, 37, 39]. По данным стационарных наблюдений, на малых и средних реках Европейской части России среднегодовые величины смещения береговых уступов редко превышают 2–4 м, в основном они варьируют в пределах 0,2–1,5 м [11].

Заключение

Анализ многолетних инструментальных наблюдений показал, что для средних рек (рр. Вала, Чепца у с. Адам и Сива) наибольшие значения ширины размыва достигают 5,96–6,15 м/год, а высота размываемого берегового уступа изменяется от 3,5 м на р. Сиве до 5,6 м на р. Чепце. В пространственном отношении размываемые участки приурочены к участкам излучин с наибольшей крутизной или смещены ниже по течению, реже – к мысовидным выступам. В многолетней динамике размывов на р. Чепце отчетливо прослеживается положительный тренд. Для реки Вала из-за больших перерывов в съемках после 2015 г. о каких-либо тенденциях в динамике

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

судить невозможно. Участок на реке Сиве в отношении многолетней динамики размывов находится в состоянии варьирования относительно средних значений.

Для малых рек (рр. Кильмезь, Лумпун, Нылга, Кырыкмас и верхняя Чепца) наибольшие величины размывов изменяются в значительных пределах: от 2,26 (р. Лумпун) до 8,14 м (р. Кырыкмас), следовательно, по максимальным значениям они даже превышают некоторые средние реки. Протяженность размываемых участков варьирует от 48–110 м на р. Лумпун до 55–330 м на р. Нылге. Средняя высота размываемого уступа на указанных реках изменяется от 2,5 (р. Нылга) до 6,8 (р. Кырыкмас) и даже 8,8 м на р. Лумпун. Расположение размываемых участков в пределах различных видов излучин характеризуется локальными особенностями, но чаще приурочено к участкам с наибольшей крутизной. В каждом случае можно выделить несколько зон с различной интенсивностью размыва. В данной группе только для р. Кырыкмас, для которой отмечается лишь 2-х летний перерыв в тахеометрических съемках, отчетливо выражен положительный (восходящий) тренд в динамике русловых размывов.

Установлена очень тесная связь между максимальной шириной размыва на р. Чепце (с. Адам) и максимальными расходами реки за период с 2004 по 2015 г., о чем свидетельствуют значимые коэффициенты корреляции ($r=0,899$). Достаточно высокая связь получилась с площадью и объемом размывов за указанные годы ($r=0,787$). На реке Сиве корреляционная связь между максимальной шириной размыва и максимальными расходами за указанный период оказалась чуть ниже ($r=0,600$), но тоже существенная. Показатель же связи с площадным и объемным размывами получился более значимым ($r=0,794$). Близкие значения связи были установлены для размывов на р. Кырыкмас и максимальными расходами на реке-аналоге (р. Позимь).

Корреляционная связь между названными показателями размыва и среднегодовыми расходами за указанный период на данных реках не установлена. Выявлению роли других факторов (состав размываемых пород, параметры излучин и др.), определяющих интенсивность размыва берегов рек, будет посвящена отдельная статья.

Полученные результаты могут быть использованы для изучения как аналогичных рек Удмуртии, так и рек равнинных территорий Европейской части РФ.

Необходимость многолетних полевых исследований размывов береговых уступов рек с применением современных инструментальных методов определяется важностью выявления закономерностей русловых процессов для составления надежных прогнозов их развития в конкретных ландшафтно-геоморфологических условиях с целью предотвращения опасных геоэкологических ситуаций.

Библиографический список

1. Антроповский В.И. Гидрологоморфологические закономерности и фоновые прогнозы переформирования русел рек. СПб, 2006. 216 с. ISBN: 5-89495-173-9 EDN: QKGGND
2. Атлас Удмуртской Республики. / под общ. ред. И.И. Рысина. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Феория; Ижевск: Удмуртия, 2020. 288 с.
3. Беркович К.К. Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. М.: ГЕОС. 2001. 164 с.
4. Ведомости меженных расходов воды (графически определенных) различных обеспеченностей (часть 4). Отчет по теме: «Изучение водных ресурсов и водообеспеченности Удмуртской АССР», часть III «Ведомости измеренных расходов» (Казанский отдел гидрологии и водных ресурсов Северного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации). Казань, 1974. 57 с.
5. Гафуров А.М., Рысин И.И., Голосов В.Н. и др. Оценка современного роста вершин оврагов южного мегасклона Восточно-Европейской равнины с применением набора инструментальных методов. Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2018. № 5. С. 61–71. EDN: YMBCWP
6. Григорьев И.И., Рысин И.И. Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии с применением ГИС-технологий. Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2008. Вып. 1. С. 49–58. EDN: SZCYZF
7. Григорьев И.И., Рысин И.И. Применение геоинформационных систем при исследованиях техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии. Геоморфология. 2009. № 1. С. 69–75. EDN: JVSUQP
8. Григорьев И.И., Рысин И.И. Использование беспилотного летательного аппарата (квадрокоптера) с применением цифровых технологий в географических исследованиях // Цифровая география. Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных процессов в экологии, природопользовании и гидрометеорологии: материалы Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.). 2020. Т. 1. С. 54–57.
9. Джуха И.Г., Чалов Р.С. Морфология и динамика русла р. Юг как пример руслоформирующей деятельности малой реки. Геоморфология. 1989. № 1. С. 83–91.
10. Завадский А.С., Чалов Р.С. Региональный анализ свободного меандрирования // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1997. № 3. С. 32–36.
11. Завадский А.С., Лобанов Г.В., Петухова Л.Н. и др. Результаты стационарных исследований русловых процессов на реках ЕТР // Эрозионные и русловые процессы: сборник трудов. М.: МАКС Пресс, 2010. Вып. 5. С. 220–251. EDN: WHYUFL
12. Замышляев В.И. О причинах меандрирования рек (обзор работ зарубежных авторов) // Вопросы гидрологии суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. С. 133–141.
13. Знаменская Н.С. Донные наносы и русловые процессы. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 192 с.
14. Кораблева О.В., Чернов А.В. Динамика пойменно-русоловых комплексов рек Нижегородского Заволжья (на примере реки Керженец) // Труды Государственного природного биосферного заповедника «Керженский». Нижний Новгород: Изд-во: «Государственный природный биосферный заповедник «Керженский», 2012. Т. 5. 196 с. ISBN: 978-5-9901653-1-1 EDN: VYZZSB
15. Кораблева О.В., Чернов А.В. Современная динамика пойменно-русоловых комплексов средней реки Керженец (по мониторинговым наблюдениям 2001–2018 гг.) // Научные проблемы оздоровления Российских рек и пути их решения. М.: ИВП РАН, 2019. С. 172–176. EDN: GXOGWY
16. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
17. Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология
Рысин И.И., Григорьев И.И.

18. Матвеев Б.В. Влияние геолого-геоморфологических факторов на образование и морфологию речных излучин. Геоморфология, 1985. № 3. С. 51–57.
19. Махинов А.Н., Ким В.И., Аношкин А.В. и др. Преобразование локальных пойменно-русловых систем рек Амур и Уссури как фактор возникновения трансграничных проблем // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 2. С. 61–68. DOI: 10.31433/1605-220X-2018-21-2-61-68 EDN: UTAEKY
20. Михайлова Н.М., Туркин Л.А., Ботавин Д.В. Особенности деформации русел полугорных участков рек бассейна р. Кубани // Тридцать восьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: доклады и сообщения (Пермь, 2–6 октября 2023 г.). Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2023. С. 161–163.
21. Назаров Н.Н., Егоркина С.С. Реки Пермского Прикамья: Горизонтальные русловые деформации. Пермь: ИПК «Звезда», 2004. 155 с.
22. Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы. Коллектив авторов / под ред. В.Ю. Георгиевского. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., ФГБУ «ГГИ», 2015. 135 с.
23. Павлов И.Н. Морфология русел рек равнинной части Алтайского края. Геоморфология. 1994. № 3. С. 78–85.
24. Переведенцев Ю.А., Шумихина А.В., Шанталинский К.М. и др. Опасные гидрометеорологические явления на территории Приволжского федерального округа // Метеорология и гидрология. 2019. № 12. С. 20–30. EDN: JEUSUH
25. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Шанталинский К.М. и др. Климатические изменения в Приволжском федеральном округе в XIX–XXI веках // Метеорология и гидрология. 2020. № 6. С. 36–46. EDN: PRRGHZ
26. Петухова Л.Н., Рысин И.И. Факторы русловых процессов и их влияние на морфодинамику русел рек Удмуртии // Геоморфология, 2006. № 4. С. 70–78. EDN: HYLEZN
27. Попов И.В., Кондитерева Э.А. Прогноз русловых деформаций Волги на участке Саралёвского водного узла в связи с проектированием улучшения его судоходных условий // Тр. ГГИ. 1974. № 216. С. 65–93.
28. Рысин И.И., Петухова Л.Н. Русловые процессы на реках Удмуртии. Ижевск: Ассоциация «Научная книга», 2006. 176 с. ISBN: 5-9631-0029-1 EDN: XKQTHJ
29. Рысин И.И., Григорьев И.И., Петухова Л.Н. и др. Результаты многолетних исследований русловых размывов на реках Удмуртии // Эрозионные и русловые процессы. 2020. М.: Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. Вып. 7. С. 269–280.
30. Рысин И.И., Григорьев И.И., Петухова Л.Н. и др. Многолетняя динамика скоростей горизонтальных русловых размывов на реках Удмуртии // Геоморфология и палеогеография. 2024. № 1. С. 24–37. DOI: 10.31857/S2949178924010033 EDN: IRWCHB
31. Сидорчук А.Ю., Махинов А.Н. Морфология и динамика руслового рельефа // Итоги науки и техники. Сер. Гидрология суши. М.: ВИНТИИ, 1985. Т. 5. 163 с.
32. Спиридовон А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.
33. Чалов Р.С., Алябин А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с. ISBN: 5-89118-044-8 EDN: UVXWJU
34. Чалов Р.С. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел // Русловедение: теория, география, практика. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. Т. 1. 608 с. ISBN: 978-5-382-00528-7 EDN: QKHNJP
35. Чалов Р.С. Морфодинамика речных русел // Русловедение: теория, география, практика. М.: КРАСАНД, 2011. Т. 2. 960 с. ISBN: 978-5-396-00325-5 EDN: QKHNJZ
36. Чалов Р.С., Голубцов Г.Б., Куракова А.А. Прямолинейные неразветвленные русла: морфологическое разнообразие и типизация // Вестник Московского университета. Серия 5. География. М., 2025. Т. 80, № 1. С. 98–109. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.1.7 EDN: HAAYEJ
37. Чалов Р.С., Завадский А.С., Рулева С.Н. и др. Морфология, деформации, современные изменения русла р. Лены и их влияние на хозяйственную инфраструктуру в районе г. Якутска // Геоморфология. 2016. № 3. С. 22–35. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-3-22-35 EDN: WLAZIN
38. Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с. EDN: QKEFLX
39. Чалов Р.С., Чернов А.В., Беркович К.М. и др. География проявления русловых процессов на реках России // Известия Русского географического общества. 2017. Т. 149, Вып. 4. С. 13–33. EDN: ZCRLEF
40. Чалов С.Р. Речные наносы в эрозионно-русловых системах: автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. М.: МГУ, 2021. 50 с. EDN: IQWOBE
41. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: ООО «Крон», 2009. 614 с.
42. Шайдеггер А.Е. Теоретическая геоморфология. М.: Прогресс, 1964. 450 с.
43. Эрозионно-русловые системы: монография / под ред. Р.С. Чалова, В.Н. Голосова, А.Ю. Сидорчука. М.: ИНФРА-М, 2017. 702 с.
44. Knighton A.D. (1977) The meander problem. Geography. Pt. 2. No. 275. P. 106–111.
45. Knighton A.D. Fluvial Forms and Processes: A New Perspective. London: Arnold, 1998. 383 p. DOI: 10.4324/9780203784662
46. Petukhova L.N., Rysin I.I. Patterns in the development of horizontal river channel transformations in the Republic of Udmurtia, Russian Federation // Channel processes in the rivers of mountains, foothills and plains / edited by R.S. Chalov, M. Kamiowska, K. Krzemien. Cracow, 2006. P. 119–131.
47. Robert A. River processes: an introduction to fluvial dynamics. London: Arnold, 2003. 214 p.
48. Yang C.T. On river meanders. J. Hydrology. 1971. Vol. 13. P. 231–233.

References

1. Antropovskii V.I. (2006) Hydrological and morphological patterns and background forecasts for the reformation of river channels. SPb. (in Russ.)
2. Atlas of the Udmurt Republic. (2020) / pod obshei red. I.I. Rysina. – Izd. 2-e, dop. i pererab. – M.: Feoriya; Izhevsk: Udmurtiya. (in Russ.)
3. Berkovich K.K. (2001) Geographical analysis of anthropogenic changes in channel processes. M.: GEOS. (in Russ.)
4. Vedomosti mezhennyh rashodov vody (graficheski opredelennyh) razlichnyh obespechennostej (chast' 4). (1974) Otchet po teme: "Izuchenie vodnyh resursov i vodoobespechennosti Udmurtskoj ASSR", chast' III "Vedomosti izmerennyh rashodov" (Kazanskij otdel gidrologii i vodnyh resursov Severnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotehniki i melioracii). Kazan'. 57 p. (in Russ.)
5. Gafurov A.M., Rysin I.I., Golosov V.N. et al. (2018) Assessment of modern growth of gully tops on the southern megaslope of the East European Plain using a set of instrumental methods. Vestnik Mosk. un-ta, Ser. 5. Geografiya. No. 5. P. 61–71. (in Russ.)

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология

Рысин И.И., Григорьев И.И.

6. Grigorev I.I., Rysin I.I. (2008) Research of man-made and agricultural ravines in Udmurtia using GIS technologies. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser. Biologiya. Nauki o zemle.* Iss. 1. P. 49–58. (in Russ.)
7. Grigorev I. I., Rysin I. I. (2009) Application of geographic information systems in the study of man-made and agricultural ravines in Udmurtia. *Geomorfologiya.* No. 1. P. 69–75. (in Russ.)
8. Grigorev I.I., Rysin I.I. (2020) Using an unmanned aerial vehicle (quadcopter) using digital technologies in geographical research. In: *Cifrovaya geografiya - materialy Vseros. nauch.-prakt. konferencii s mezhdunar. uchastiem (g. Perm', 16–18 sentyabrya 2020 g.): v 2 t. T. 1: Cifrovye i geoinformacionnye tehnologii v izuchenii prirodnyh processov v ekologii, prirodopol'zovanii i gidrometeorologii.* P. 54–57. (in Russ.)
9. Dzhuha I.G., Chalov R.S. (1989) Morphology and dynamics of the river r. Yug as an example of the channel of the forming activity of a small river. *Geomorfologiya.* No 1. P. 83–91. (in Russ.)
10. Zavadskii A.S., Chalov R.S. (1997) Regional analysis of free meandering. *Vestnik Mosk. Un-ta. Ser. 5. Geografiya.* No 3. P. 32–36. (in Russ.)
11. Zavadskii A.S., Lobanov G.V., Petuhova L.N. at al. (2010) The results of stationary studies of channel processes on ETR rivers. In: *Erozionnye i ruslovye processy: Sbornik trudov.* M.: MAKS Press. Iss.5. P. 220–251. (in Russ.)
12. Zamyshlyayev V.I. (1978) On the reasons for the meandering of rivers (overview of the work of foreign authors). *Voprosy gidrologii sushi.* L.: Gidrometeoizdat, 1978. P. 133–141. (in Russ.)
13. Znamenskaya N.S. (1976) Bottom sediments and channel processes. L.: Gidrometeoizdat (in Russ.)
14. Korableva O.V., Chernov A.V. (2012) The dynamics of the imputation complex of the rivers of the Nizhny Novgorod Volga region (for the example of the Kerzhenets River). *Trudy Gosudarstvennogo prirodno-biosfernogo zapovednika «Kerzhenetskii».* Nizhnii Novgorod: Izd-vo: «Gosudarstvennyi prirodnyi biosfernyi zapovednik «Kerzhenetskii». (in Russ.)
15. Korableva O.V., Chernov A.V. (2019) Modern dynamics of the imputation of the Middle River Kerzhenets (according to monitoring observations of 2001-2018). In: *Nauchnye problemy ozdorovleniya Rossiiskikh rek i puti ikh resheniya.* M.: IVP RAN. P. 172–176. (in Russ.)
16. Lakin G.F. (1990) Biometrics. M.: Vysshaya shkola. 352 p. (in Russ.)
17. Makkaveev N.I. (1955) Riverbed of rivers and erosion in its pool. M.: Izd-vo AN SSSR. 347 p. (in Russ.)
18. Matveev B.V. (1985) The influence of geological and geomorphological factors on the formation and morphology of river bends. *Geomorfologiya.* No 3. P. 51–57. (in Russ.)
19. Mahinov A.N., Kim V.I., Anoshkin A.V. at al. (2018) The transformation of the local imputation systems of the Amur and Ussuri rivers as a factor in the occurrence of cross-border problems. *Regional'nye problemy.* T. 21, No 2. P. 61–68. (in Russ.)
20. Mihajlova N.M., Turykin L.A., Botavin D.V. (2023) Features of deformation of channels of semi-native sections of rivers of the basin r. Kuban. In: *Tridcat' vos'moe plenarnoe mezhevuzovskoe koordinacionnoe soveshchanie po probleme erozionnyh, ruslovyh i ust'evyh processov: doklady i soobshcheniya (Perm', 2-6 oktyabrya 2023 g.).* Permskii gos. nac. issl. un-t. Perm'. P. 161–163. (in Russ.)
21. Nazarov N.N., Egorkina S.S. (2004) Rivers of Perm Prikamye: Horizontal channel deformations. Perm': IPK «Zvezda». (in Russ.)
22. Scientific and applied reference book: the main hydrological characteristics of the Kama basin rivers (2015) Kollektiv avtorov: pod red. Georgievskogo V.Ju. - Jelektron. Tekstovye i graf. dan. v formate PDF (2 fajla: 25Mb). Livny: Izdatel' Muhametov G.V., FGBU «GGI». 135 p. (in Russ.)
23. Pavlov I.N. (1994) Morphology of riverbeds of the rivers of the flat part of the Altai Territory. *Geomorfologiya.* No 3. P. 78–85. (in Russ.)
24. Perevedencev Ju.A., Shumihina A.V., Shantalinskij K.M. at al. (2019) Opasnye gidrometeorologicheskie javlenija na territorii Privalzhskogo federal'nogo okruga. *Meteorologija i hidrologija.* No 12. P. 20–30. (in Russ.)
25. Perevedencev Ju.P., Sherstjukov B.G., Shantalinskij K.M. at al. (2020) Klimaticheskie izmenenija v Privalzhskom federal'nom okruge v XIX–XXI vekah. *Meteorologija i hidrologija.* No 6. P. 36–46. (in Russ.)
26. Petuhova L. N., Rysin I.I. (2006) Factors of channel processes and their influence on the morphodynamics of the rivers of Udmurtia. *Geomorfologiya.* No 4. P. 70–78. (in Russ.)
27. Popov I.V., Konditerova Je.A. (1974) The forecast of the channel deformations of the Volga on the site of the Sarale Water Node in connection with the design of improving its shipping conditions. *Tr. GGI.* No 216. P. 65–93. (in Russ.)
28. Rysin I.I., Petuhova L.N. (2006) Channel processes on the rivers of Udmurtia. Izhevsk: Asociaciya «Nauchnaya kniga». 176 p. (in Russ.)
29. Rysin I.I., Grigor'ev I.I., Petuhova L.N. at al. (2020) The results of perennial studies of channel erosion on the rivers of Udmurtia. In: *Erozionnye i ruslovye processy. Vyp. 7.* M.: Geograficheskii fakultet MGU imeni M.V. Lomonosova. P. 269–280. (in Russ.)
30. Rysin I.I., Grigor'ev I.I., Petuhova L.N. at al. (2024) The results of perennial studies of channel erosion on the rivers of Udmurtia. *Geomorfologiya i paleogeografiya.* No 1. P. 24–37. DOI: 10.31857/S2949178924010033, EDN: IRWCHB (in Russ.)
31. Sidorchuk A.Ju., Mahinov A.N. (1985) Morphology and dynamics of the channel relief. *Itogi nauki i tekhniki. Ser. Gidrologiya sushi.* M.: VINITI. T. 5. 163 p. (in Russ.)
32. Spiridonov A.I. (1970) Fundamentals of the general methodology of field geomorphological research and geomorphological mapping. M.: Vysshaya shkola. 456 p. (in Russ.)
33. Chalov R.S. (1998) Morphodynamics of riverbeds. / R.S. Chalov, A.M. Alabjan, V.V. Ivanov, R.V. Lodina, A.V. Panin. M.: GEOS. 288 p. (in Russ.)
34. Chalov R.S. (2008) Channel studies: theory, geography, practice. Volume 1. Channel processes: factors, mechanisms, forms of manifestation and conditions for the formation of river channels. M.: Izd-vo LKI. 608 p. (in Russ.)
35. Chalov R.S. (2011) Channel studies: theory, geography, practice. Volume 2. Morphodynamics of river channels. M.: KRASAND. (in Russ.)
36. Chalov R.S., Golubtsov G.B., Kurakova A.A. (2025) Pryamolineinie nerazvetvlenie rusla: morfologicheskoe raznoobrazie i tipizatsiya // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya.* Volume 80, No 1. M., P. 98–109. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.1.7 (in Russ.)
37. Chalov R.S., Zavadskii A.S., Ruleva S.N. at al. (2016) Morphology, deformations, modern changes in the river bed Lenas and their influence on the economic infrastructure in the area of Yakutsk. *Geomorfologiya.* No 3. P. 22–35. (in Russ.)
38. Chalov R.S., Zavadskii A.S., Panin A.V. (2004) River bends. M.: Iz-vo MGU, 2004. 371 p. (in Russ.)
39. Chalov R.S., Chernov A.V., Berkovich K.M. at al. (2017) Geography of manifestations of channel processes on Russian rivers. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva.* T. 149, vol. 4. P. 13–33. (in Russ.)
40. Chalov S.R. (2021) River sediments in erosion-channel systems. Avtoref. diss. ... dokt. geogr. nauk. M.: MGU. 50 p. (in Russ.)

Физическая география, ландшафтovedение и геоморфология**Рысин И.И., Григорьев И.И.**

41. Chernov A.V. (2009) Geography and geoecological state of river channels and floodplains of Northern Eurasia. M.: OOO «Krona». 614 p. (in Russ.)
42. Shajdeger A.E. (1964) Theoretical geomorphology. M.: Progress. (in Russ.)
43. Erosion-channel systems: monograph. (2017) / Pod red. R.S. Chalova, V.N. Golosova, A.Ju. Sidorchuka. M.: INFRA-M. 702 p. (in Russ.)
44. Knighton A.D. (1977) The meander problem. *Geography. Pt. 2.* N 275. P. 106–111.
45. Knighton A.D. (1998) Fluvial Forms and Processes: A New Perspective. London: Arnold. 383 p. <http://dx.doi.org/10.4324/9780203784662>
46. Petukhova, L. N., Rysin I.I. (2006) Patterns in the development of horizontal river channel transformations in the Republic of Udmurtia, Russian Federation. In: *Channel processes in the rivers of mountains, foothills and plains* / edited by R. S. Chalov, M. Kamykowska, K. Krzemien. Cracow. P. 119-131.
47. Robert A. (2003) River processes: an introduction to fluvial dynamics. London: Arnold. 214 p.
48. Yang C.T. (1971) On river meanders. *J. Hydrology.* Vol. 13. P. 231–233.

Статья поступила в редакцию: 05.02.25, одобрена после рецензирования: 08.04.25, принятa к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 5 February 2025; approved after review: 8 April 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах**Иван Иванович Рысин**

Доктор географических наук, профессор, кафедра экологии и природопользования, институт естественных наук, Удмуртский государственный университет; 426034, Россия, Ижевск, Университетская, 1/1;

e-mail: rysin.iwan@yandex.ru

Иван Иванович Григорьев

Кандидат географических наук, доцент, кафедра географии, картографии и геоинформатики, институт естественных наук, Удмуртский государственный университет; 426034, Россия, Ижевск, Университетская, 1/1

e-mail: ivangrig@yandex.ru

Information about the authors**Ivan I. Rysin**

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Ecology and Nature Management, Institute of Natural Sciences, Udmurt State University; 1/1, Universitetskaya st., Izhevsk, 426034, Russia

Ivan I. Grigoriev

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Cartography and Geoinformatics, Institute of Natural Sciences, Udmurt State University; 1/1, Universitetskaya st., Izhevsk, 426034, Russia

Вклад авторов

Рысин И.И. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Григорьев И.И. – сбор материала, обработка материала, оформление рисунков, список литературы на латинице.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Ivan I. Rysin – the idea; material collection and processing; writing of the article; scientific editing of the text.

Ivan I. Grigoriev – material collection and processing; design of drawings; preparation of the reference list in Latin characters.

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

Экономическая, социальная и политическая география

Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 339.5

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-34-46

EDN: AISGMT



ГЕОГРАФИЯ ТОРГОВЫХ ПОТОКОВ И ОЦЕНКА РОЛИ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛЕ ЛИТИЕМ

Василий Юрьевич Немов¹, Ирина Викторовна Филимонова², Анна Владимировна Комарова³, Анастасия Павловна Саматова⁴

^{1, 2, 3, 4} Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

^{1, 2, 3, 4} Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

¹ NemovVU@ipgg.sbras.ru, ORCID: 0000-0003-2751-9972

² filimonovaiv@list.ru, ORCID: 0000-0003-4447-6425

³ a.komarova@g.nsu.ru, ORCID: 0000-0002-5844-1648

⁴ a.samatova@g.nsu.ru, ORCID: 0009-0002-8742-8669

Аннотация. Литий является одним из наиболее востребованных металлов в современной международной торговле. Неравномерность распределения центров добычи лития и его значимость для экономики развитых стран привели к стремлению со стороны импортеров лития сформировать надежные, устойчивые к различным шокам цепочки поставок. Цель работы – провести анализ текущей ситуации на международном рынке лития, обозначить роль России в международной торговле литием и оценить перспективы развития добычи и переработки литиевого сырья. Методы исследования: группировка данных, структурный анализ, анализ временных рядов. Основным драйвером роста рынка лития является растущий рынок электромобилей, для производства которых необходимы литий-ионные аккумуляторы. Основными производителями лития являются Австралия, Чили, Китай, Аргентина, а основными потребителями – Китай, Япония, Южная Корея, что выступает стимулом для развития международной торговли. В исследовании определены основные участники международной торговли литием, показана география торговых потоков. Россия обладает потенциально большими запасами лития в составе гидроминеральных рассолов, при этом промышленная добыча не ведется, сырье для переработки импортируется. Развитие литиевой промышленности в России позволит не только обеспечить внутренние нужды, но и встроиться в торговые потоки на международном рынке, что приведет к ряду положительных эффектов: снижению зависимости от импорта и колебаний цен, стимулированию производства продукции высоких переделов, созданию новых рабочих мест, росту значимости России как поставщика стратегически значимого ресурса. Однако, несмотря на очевидные преимущества, необходимо учитывать как общемировые, так и специфические для России риски.

Ключевые слова: география поставок, международная торговля, литий, интеграционные эффекты

Финансирование. Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 23-78-10157, <https://rscf.ru/project/23-78-10157/>

Для цитирования: Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П. География торговых потоков и оценка роли России в международной торговле литием // Географический вестник = Geographical bulletin, 2025. № 4(75). С. 34–46. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-34-46 EDN AISGMT

ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL GEOGRAPHY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-34-46

EDN: AISGMT

GEOGRAPHY OF TRADE FLOWS AND ASSESSMENT OF RUSSIA'S ROLE IN INTERNATIONAL LITHIUM TRADE

Vasily Yu. Nemov¹, Irina V. Filimonova², Anna V. Komarova³, Anastasia P. Samatova⁴

^{1, 2, 3, 4} Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia

^{1, 2, 3, 4} Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

¹ NemovVU@ipgg.sbras.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2751-9972>

² filimonovaiv@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4447-6425>

³ a.komarova@g.nsu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5844-1648>

⁴ a.samatova@g.nsu.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8742-8669>



© 2025 Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Abstract. Lithium is one of the most sought-after metals in modern international trade. Due to the uneven distribution of lithium production centers and the importance of this metal for the economies of developed countries, lithium importers strive to form reliable supply chains that are resistant to various shocks. The paper aims to analyze the current situation on the international lithium market, identify Russia's role in the international lithium trade, and assess the prospects for the development of extraction and processing of lithium-bearing minerals. The research methods include data grouping, structural analysis, and time series analysis. The main growth driver for the lithium market is the expanding market for electric vehicles, which require lithium-ion batteries. The main lithium producers are Australia, Chile, China, and Argentina, while the main consumers are China, Japan, and South Korea, this stimulating the development of international trade. The study identifies the main participants in the international lithium trade and shows the geography of trade flows. Russia has potentially large reserves of lithium in hydromineral brines, while no commercial extraction is carried out and raw materials for processing are imported. The development of the lithium industry in Russia will make it possible not only to meet domestic needs but also to integrate into trade flows on the international market, which will lead to a number of positive effects: reducing dependence on imports and price fluctuations, stimulating the production of high-grade products, creating new jobs, and increasing Russia's importance as a supplier of a strategically important resource. However, despite the obvious advantages, it is necessary to take into account both global risks and those specific to Russia.

Keywords: geography of supplies, international trade, lithium, integration effects

Funding: the study was carried out under a grant from the Russian Science Foundation, project No. 23-78-10157, <https://rscf.ru/project/23-78-10157/>.

For citation: Nemov, V.Yu., Filimonova, I.V., Komarova, A.V., Samatova, A.P. (2025) Geography of trade flows and assessment of Russia's role in international lithium trade. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 34–46. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-34-46 EDN: AISGMT

Введение

Развивающийся рынок литий-ионных аккумуляторов сформировал условия, в которых особую значимость приобрели так называемые «аккумуляторные», или «батарейные», материалы – цветные металлы, минералы и химические элементы, необходимые для производства аккумуляторов [10]. К таким материалам относят литий, кобальт, никель, медь, графит и т.д. Экологическая повестка и развитие технологий производства аккумуляторов с высокой плотностью энергии стали стимулом для создания новых масштабных производств электрического транспорта и систем хранения энергии для рынка возобновляемых источников энергии. Это привело к тому, что в таких странах, как США, Чили и Германия, часть этих ресурсов и особенно литий признаны стратегически значимыми. Однако разведанные запасы элементов для производства наиболее популярных литий-ионных аккумуляторов расположены географически неравномерно и сконцентрированы на территориях отдельных стран. Благодаря этому активно развивается международная торговля этими материалами, и критически важным становится формирование наиболее надежных и устойчивых к различным шокам цепочек поставок.

Одним из наиболее востребованных материалов для мировой экономики является литий, иногда даже называемый «новой нефтью». Основным направлением использования лития в современной промышленности стало производство литий-ионных аккумуляторов. Обеспеченность литием вызывает беспокойство у участников рынка. Так, исследования [20, 24] посвящены вопросу надежности поставок лития в Китай, который является одним из крупнейших потребителей лития, а результаты [13] показывают, что сложившаяся цепочка поставок лития обладает невысокой устойчивостью. Сложности при выстраивании надежных цепочек поставок связаны еще и с тем, что добыча литиевого сырья сконцентрирована в основном на территории четырех стран: Австралии, Чили, Аргентины, Китая, а крупнейшими потребителями лития являются Китай, Япония, Южная Корея. Велика значимость этого ресурса и для других стран, не обладающих собственными запасами лития (или имеющих их в недостаточном количестве).

Значимость обеспечения сырьем производителей литий-ионных аккумуляторов для мировой экономики на современном этапе требует гарантий надежности цепочек поставок лития и укрепления международного сотрудничества. Однако на быстрорастущий мировой рынок лития сильное воздействие оказывают волатильность цен, торговые барьеры, geopolитическая уязвимость. Важным моментом является воздействие добычи сырья на окружающую среду. Исследование [19] посвящено поиску решений, позволяющих обеспечивать рынок стабильными поставками лития из Литиевого треугольника (Чили, Аргентина, Боливия) в условиях воздействия экологических, социальных и управленических проблем, затрудняющих добычу. Возникновение перебоев на любом уровне литиевой промышленности (добыча, поставки сырья и промежуточных продуктов, переработка, производство конечной продукции и ее поставка) может влиять на вертикальные связи, привести к спаду отрасли и снижению конкурентоспособности.

В этих условиях важно обеспечить устойчивость снабжения стратегическим сырьем отечественную литиевую промышленность и реализацию продукции высоких переделов. Россия потенциально обладает значительными запасами лития, однако промышленная добыча не ведется, осуществляется лишь попутная добыча литий-содержащих руд без извлечения лития. При этом промышленная добыча позволила бы не только обеспечить внутренний спрос, но и укрепить позиции России на мировом рынке как поставщика гидроксида лития и других продуктов. В данном исследовании будет проведен анализ текущей ситуации на международном рынке лития, проанализирована география торговых потоков, обозначена роль России и оценены перспективы развития добычи и переработки литиевого сырья.

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Материалы и методы

Материалы исследования составляют статистические данные, полученные авторами из специализированных российских и международных баз данных о добыче, потреблении, экспорте и импорте лития, а также его производных с учетом географических аспектов.

1. Федеральная таможенная служба (ФТС) занимается контролем и надзором в сфере таможенного дела, публикует, помимо прочего, данные об экспорте и импорте в разрезе товаров, стран и временных периодов. В рамках исследования наибольший интерес представляют данные о торговле России литием.

2. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды) осуществляет публикацию аналитической информации о состоянии окружающей среды в России, данных мониторинга состояния недр, сведений, полученных в результате наблюдения за водными объектами и др. Особый интерес в рамках исследования представляют данные о состоянии лигниевых запасов России.

3. Геологическая служба США (USGS) занимается предоставлением надежной научной информации для описания и понимания Земли, минимизации ущерба при стихийных бедствиях, управления водными, биологическими, энергетическими и минеральными ресурсами. Для исследования авторами были обработаны данные о спросе, добыче и основных направлениях использования лития.

4. UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade) занимается сбором и хранением официальной статистики международной торговли, в частности об экспорте и импорте товаров и услуг почти 200 стран. База данных послужила основным источником информации о торговых потоках лития.

5. International Energy Agency (IEA) собирает статистику и публикует отчеты, связанные с вопросами энергетической безопасности, энергопотребления, экономического развития, а также с влиянием энергетики на состояние окружающей среды и глобальное изменение климата. В рамках исследования наибольшую ценность имели прогнозы IEA относительно развития рынка электрических двигателей.

6. Energy Institute (EI) занимается продвижением устойчивых решений в сфере энергетики через инновационные исследования, влияние на политику и партнерские отношения. Данные организации послужили дополнительным источником данных о добыче и потреблении лития.

Для производства аккумуляторов, как правило, используется карбонат или гидроксид лития. Гидроксид лития преимущественно получается при добыче сподуменовой руды и часто используется в производстве аккумуляторов типа NMC (LiNiMnCo), являющихся наиболее распространенными. Карбонат лития, получаемый из соленых озер или рассолов, используется для производства железофосфатных аккумуляторов LFP – более дешевых и с более низкой плотностью энергии, либо подвергается дальнейшей переработке. Мы сосредоточимся на географии торговых потоков карбоната и гидроксида лития.

Основными методами исследования стали *группировка данных* о международной торговле, *структурный анализ* для оценки вклада отдельных стран в международную торговлю. Для выявления волатильности показателей, например структуры потребления лития в мире, авторами использован *анализ временных рядов*, который позволил выявить устойчивые тенденции в области потребления лития и обосновать перспективные направления.

Для проведения комплексного исследования об изменении географии торговых потоков лития в мире и оценки роли России сформирован *алгоритм исследования*, включающий решение задач по шести тематическим разделам: направления использования лития, география международной торговли литием, формирование торговых блоков на рынке лития, последствия изменения географии торговли литием для России, прогноз развития рынка лития и интеграционные эффекты для России.

Результаты исследования
Направления использования лития

На протяжении последних лет спрос на литий формируется преимущественно производителями литий-ионных аккумуляторов (табл. 1). В 2024 г. доля аккумуляторов в структуре использования лития составила почти 80 %, в то время как еще десять лет назад она находилась на уровне примерно 30 %. Помимо этого, литий применяется в производстве керамики и стекла, консистентных смазок, сплавов, полимеров, хладагентов и систем воздухоочистки.

Таблица 1
Table 1

Изменение структуры использования лития в мире [18]
Changes in the structure of lithium use in the world [18]

<i>Направление использования</i>	<i>2015</i>	<i>2020</i>	<i>2024</i>
Аккумуляторы	31 %	65 %	87 %
Керамика и стекло	35 %	18 %	4 %
Пластичные смазки	8 %	5 %	2 %
Очистка воздуха	5 %	1 %	1 %
Непрерывное литье	6 %	3 %	1 %
Другие	15 %	8 %	5 %

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

В последние годы главным драйвером роста потребления лития является рынок литий-ионных аккумуляторов, используемых для гибридных и электрических автомобилей, электрических средств индивидуальной мобильности, электроники. Так, по итогам 2022 г. около 80 % литийсодержащих аккумуляторов потреблялось для производства электромобилей. При этом в период 2021–2022 гг. наблюдался взрывной рост спроса на аккумуляторы для электромобилей с годовым темпом роста 72–88 %. В 2023 г. темпы роста замедлились, но остаются на высоком уровне – 37 %.

Помимо автомобильной промышленности, высоким потенциалом к росту спроса на системы хранения энергии обладает рынок альтернативной энергетики, так как в 2022 г. на энергетику приходилось 8 % потребления литийсодержащих аккумуляторов. Установленная мощность солнечных электростанций в течение последних 10 лет ежегодно возрастала в среднем на 30 %, установленная мощность ветрогенераторов – на 14 %, что способствует росту спроса на системы хранения энергии.

Второе направление по объему потребления лития значительно уступает производству батарей и аккумуляторов. Около 7 % лития используется в производстве керамики и стекла, в том числе термостойкого стекла и керамики, например, нужных при производстве духовок и варочных панелей. Литий также используется в аэрокосмической промышленности и автоспорте, при производстве медицинского оборудования и фармацевтических препаратов, химикатов для агропромышленного комплекса, в стоматологии и производстве лекарственных препаратов. В химической промышленности литий часто применяется в качестве катализатора, например при производстве синтетического каучука и пластмасс. Н-Бутиллитий, органическое соединение лития, служит инициатором реакции полимеризации при производстве бутадиен-стирольного каучука, который широко используется при производстве шин [15]. Устойчивый спрос на изотопы лития также формируется со стороны атомной промышленности, в перспективе дополнительный спрос может возникнуть при развитии технологий управляемого термоядерного синтеза.

Высокие темпы роста потребления лития стимулируют поиск новых источников и способов добычи сырья, что вызывает глобальную обеспокоенность по поводу безопасности и эффективности использования литиевых ресурсов. Текущее производство лития удовлетворяет потребность в нем, однако, согласно прогнозам, высокие темпы роста спроса на литий достаточно быстро приведут к ситуации дефицита (рис. 1), что вызовет усиление конкуренции между импортерами и рост цен.

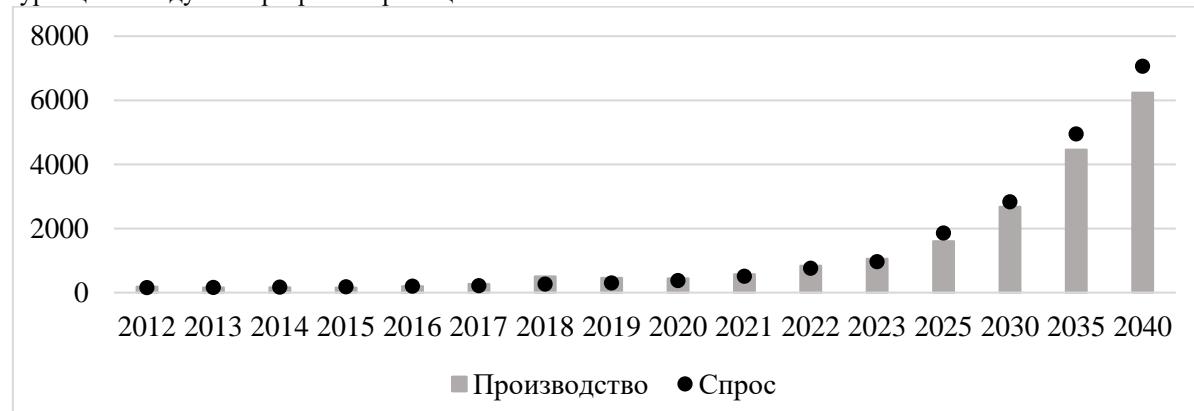


Рис. 1. Производство и потребление лития в мире, тыс. т LCE [16, 18, 21]
Fig. 1. The global lithium production and consumption, thousand tons of LCE [16, 18, 21]



Рис. 2. Географическая структура потребления лития для аккумуляторов в 2022 г. [2]
Fig. 2. Geographical structure of lithium consumption for batteries in 2022 [2]

Крупнейшими потребителями лития выступают такие страны, как Китай, Южная Корея, Япония (рис. 2). Доля Китая в глобальном импорте карбоната лития выросла с 19 % в 2018 г. до 60 % в 2023 г., что связано, прежде всего, с производством аккумуляторов для электромобилей и средств индивидуальной мобильности. На данный момент на Китай приходится около 60 % продаж электромобилей в мире, при этом, по прогнозам Международного энергетического агентства, к 2030 г. доля Китая составит 40 %, что позволит ему остаться крупнейшим рынком электромобилей [16]. В Южной Корее и Японии крупным потребителем литий-ионных аккумуляторов является рынок портативной электроники. Таким образом, не только добыча лития, но и спрос на него представляется достаточно сконцентрированным.

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Около 78 % запасов лития содержится в гидроминеральных источниках сырья, остальные 22 % связаны с магматогенными источниками – редкometалльными гранитными пегматитами. В 2023 г. добыча литиевого сырья из твердых пород, по оценке авторов, составила около 666 тыс. т LCE, или 63 % от общего объема добычи. Добыча литиевого сырья из рассолов – 388 тыс. т LCE. За последние три года производство лития выросло более чем вдвое. Наибольший объем литиевого сырья из твердых пород добывается в Австралии, которая производит 458 тыс. т LCE в виде сподуменового концентратата, экспортрующегося преимущественно в Китай.



Рис. 3. Географическая структура добычи лития в 2023 г. [21]

Fig. 3. Geographical structure of lithium production in 2023 [21]

География международной торговли литием

Австралия является крупнейшим поставщиком сподуменового концентратата на мировой рынок, прежде всего в Китай. Другое важное направление международных поставок лития основано на преобразовании литийсодержащих соединений, в частности карбоната лития, в гидроксид. В переработке карбоната лития в гидроксид доминирует Китай. Литиевая промышленность России также основана на переработке импортируемого карбоната лития в гидроксид, который преимущественно отправляется на экспорт.

Крупнейшим поставщиком карбоната лития на мировой рынок является Чили. В 2022 г. объем экспорта карбоната лития из Чили составил около 198,6 тыс. т, что покрывает собой 75 % от мирового экспорта (рис. 4). В число крупных экспортёров карбоната лития также входят Аргентина (29,5 тыс. т), Китай (9,6 тыс. т), Южная Корея (6,2 тыс. т), Нидерланды (5,5 тыс. т), США (4,4 тыс. т), однако отрыв Чили от второго по величине поставщика, Аргентины, значителен.



Рис. 4. Объем экспорта карбоната лития крупнейшими экспортёрами в 2023 г., тыс. т [22]. Для Южной Кореи и Чили представлены данные за 2022 г.

Fig. 4. The volume of lithium carbonate exports by the largest exporters in 2023, thousand tons [22].
Data for South Korea and Chile is presented for 2022

Мировым лидером по объему импорта карбоната лития остается Китай. В 2023 г. поставки карбоната лития в Китай с внешнего рынка составили 158,7 тыс. т, что соответствует 60 % мирового импорта (рис. 5). Также значительные объемы карбоната лития поставляются в Южную Корею, Японию, США. Импорт карбоната лития в Россию по итогам 2021 г. составил 9038 т, что соответствовало около 3 % мирового импорта. Однако, по оценке авторов, в 2023 г. поставки в Россию карбоната лития с внешнего рынка сократились в 4 раза относительно уровня 2021 г., что может быть связано со сложностями поиска новых поставщиков сырья и с санкциями (отказом Аргентины и Чили портить отношения с американскими технологическими компаниями).

Крупнейшие добывающие страны литиевого сырья – Австралия, Чили, Китай, Аргентина (рис. 3), на их долю приходится 43, 22, 17, 5 % соответственно. Несоответствие центров добычи лития с центрами его потребления делает международную торговлю основным каналом обеспечения ресурсами производителей литийсодержащей продукции.

Таким образом, на данный момент рынок лития характеризуется растущим спросом, который, согласно прогнозам, продолжится, пусть и не такими взрывными темпами. При этом основные объемы предложения лития формируются всего четырьмя странами, что приводит к необходимости перераспределения в ходе международной торговли.

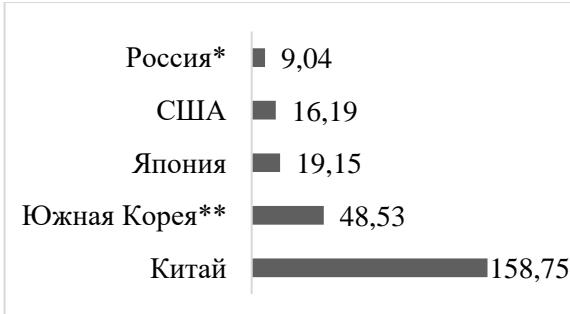


Рис. 5. Объем импорта карбоната лития крупнейшими импортёрами в 2023 г., тыс. т [22].

Для России представлены данные за 2021 г., для Южной Кореи представлены данные за 2022 г.

Fig. 5. The volume of lithium carbonate imports by the largest importers in 2023, thousand tons [22].
Data for Russia is for 2021, data for South Korea is for 2022

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Что касается поставок оксида и гидроксида лития, Китай является крупнейшим поставщиком на мировой рынок: в 2023 г. поставки составили 130 тыс. т, что соответствует около 75 % мирового импорта (рис. 6). Также в число крупнейших экспортёров входят Чили (15,2 тыс. т) и США (8,6 тыс. т). Поставки оксида и гидроксида лития на мировой рынок из России в 2021 г. составляли 8,5 тыс. т. Однако, по оценке авторов, к 2023 г. поставки из России упали более, чем в 8 раз, что связано, в первую очередь, с сокращением поставок сырья – карбоната лития.

Крупнейшим покупателем оксида и гидроксида лития на мировом рынке является Южная Корея. В 2022 г. импорт в страну оксида и гидроксида лития составил 70,9 тыс. т, что соответствует 41 % от мирового импорта оксида и гидроксида лития. Также значительные объемы поставляются в Японию, Китай, Нидерланды, Индию, Австралию (рис. 7).

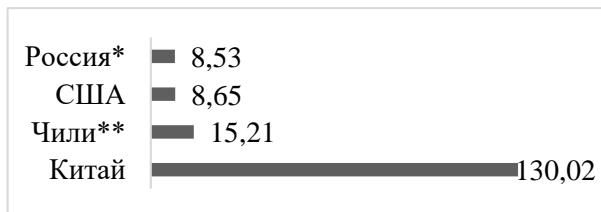


Рис. 6. Объем экспорта оксида и гидроксида лития крупнейшими импортерами в 2023 г., тыс. т [22]. Для России представлены данные за 2021 г., для Чили представлены данные за 2022 г.

Fig. 6. The volume of lithium oxide and hydroxide exports by the largest exporters in 2023, thousand tons [22]. Data for Russia is for 2021, data for Chile is for 2022

Основное направление торговых потоков карбоната и гидроксида лития – страны Азии, прежде всего Китай, Южная Корея, Япония (рис. 8).

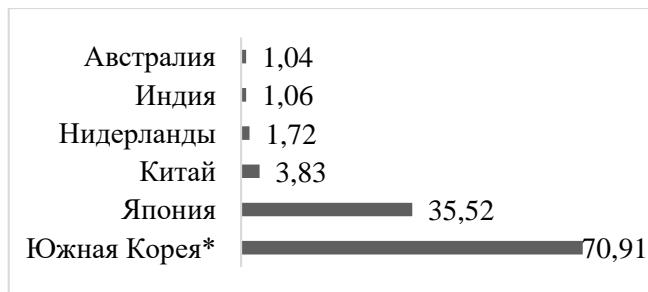


Рис. 7. Объем импорта оксида и гидроксида лития крупнейшими импортерами в 2023 г., тыс. т [22]. Для Южной Кореи представлены данные за 2022 г.

Fig. 7. The volume of lithium oxide and hydroxide imports by the largest importers in 2023, thousand tons [22]. Data for South Korea is presented for 2022

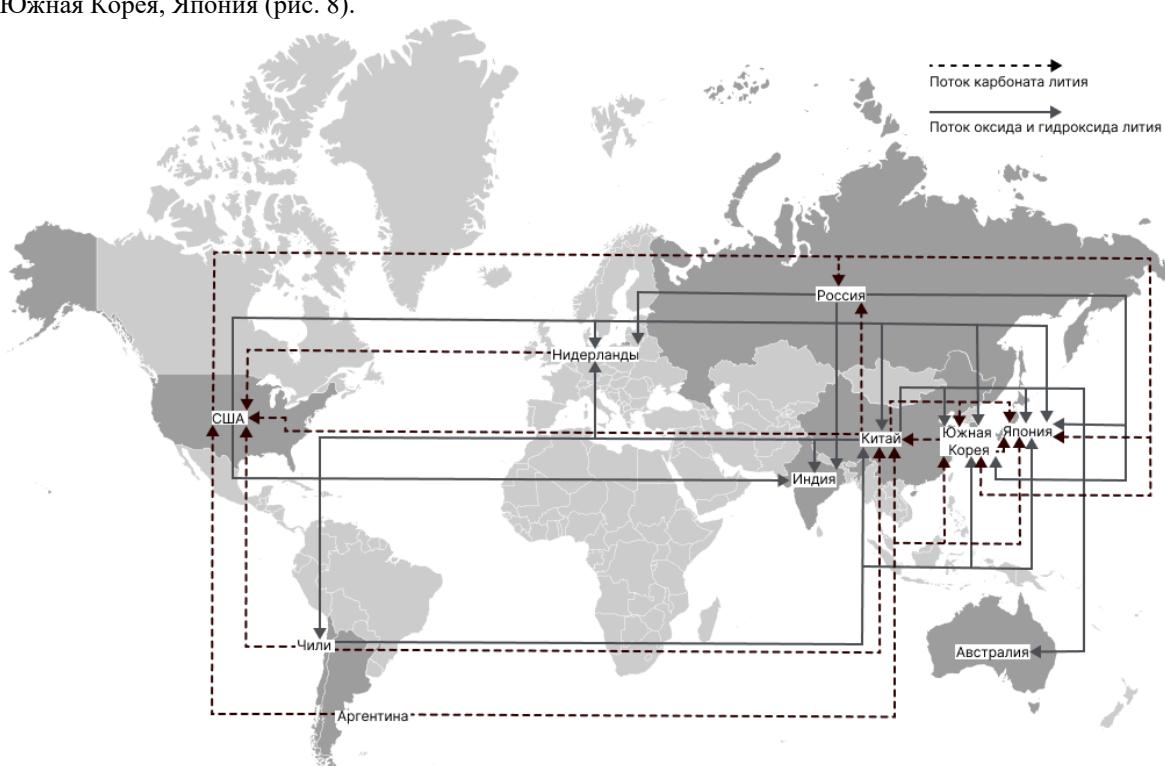


Рис. 8. Крупнейшие торговые потоки карбоната лития и оксида и гидроксида лития по основным экспортёрам и импортерам [22]

Fig. 8. The largest trade flows of lithium carbonate and lithium oxide and hydroxide by major exporters and importers [22]

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Также значительный спрос приходится на США. До 2022 г. доля России в мировых поставках гидроксида лития составляла около 5 %. В региональной структуре экспорта гидроксида лития из России около 50 % приходилось на страны АТР, прежде всего Южную Корею, еще 45 % поставлялось в страны Европы. Однако с потерей поставщиков импортного сырья в Россию в 2022 г. и другими нерыночными ограничениями объем и региональная структура импорта существенно изменились. Так, доля стран АТР в импорте гидроксида лития в 2023 г. сократилась до 40 %, что связано с остановкой импорта в Южную Корею. Доля стран Европы сократилась до 21 %, в то же время вырос объем поставок в страны Ближнего Востока и ближнего зарубежья.

Реализация проектов добычи литиевого сырья на отечественных месторождениях позволит обеспечить стабильную загрузку перерабатывающих мощностей, а также является стимулом к строительству новых мощностей по производству гидроксида лития и продукции более высоких переделов, таких как катодные элементы, аноды и т.д. Укреплению положения России и диверсификации направлений импорта литийсодержащей продукции также будет способствовать близость к крупным потребителям в странах АТР.

В значительной степени диверсифицированным является рынок более высоких переделов лития. Крупнейшими поставщиками литиевых первичных элементов и первичных батарей на мировой рынок являются США, Китай, Сингапур, Германия, Индонезия, Гонконг: на их долю приходится около 62 % мирового импорта (рис. 9). Экспорт из России литиевых первичных элементов и первичных батарей в 2021 г. составлял 2,1 млн долл. К 2023 г., по оценке авторов, экспорт сократился на треть.

В число крупных импортеров литиевых первичных элементов и первичных батарей входят США, Вьетнам, Германия, Мексика, Малайзия, Сингапур, Китай, Гонконг: на их долю приходится 55 % мирового импорта (рис. 10). В Россию по итогам 2021 г. было поставлено литиевых первичных элементов и первичных батарей на 36,8 млн долл., к 2023 г. импорт вырос на 15 % (оценка авторов).



Рис. 9. Объем экспорта литиевых первичных элементов и первичных батарей крупнейшими экспортёрами в 2023 г., млн долл. [22]. Для России представлены данные за 2021 г., для Южной Кореи и Индонезии представлены данные за 2022 г.

Fig. 9. Exports of lithium primary cells and primary batteries by the largest exporters in 2023, USD million [22]. Data for Russia is for 2021, data for South Korea and Indonesia is for 2022

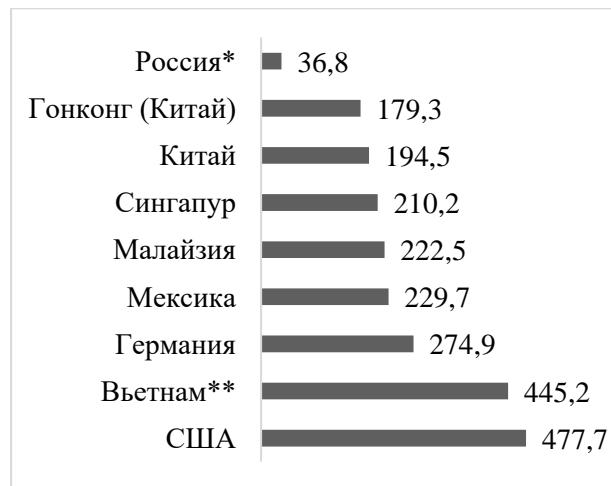


Рис. 10. Объем импорта литиевых первичных элементов и первичных батарей крупнейшими импортёрами в 2023 г., млн долл. [22]. Для России представлены данные за 2021 г., для Вьетнама представлены данные за 2022 г.

Fig. 10. Imports of lithium primary cells and primary batteries by the largest importers in 2023, USD million [23]. Data for Russia is presented for 2021, data for Vietnam is presented for 2022

Значительно более емкий рынок – мировой рынок литий-ионных аккумуляторов. Ведущим поставщиком на мировой рынок является Китай, обеспечивая более 50 % мирового импорта. В 2023 г. экспорт литий-ионных аккумуляторов из Китая составил 65 млрд долл.

Польша и Венгрия являются крупнейшими в Европе производителем литий-ионных аккумуляторов для автомобилей и крупнейшими экспортёрами после Китая. Значительные инвестиции в строительство заводов по производству литий-ионных аккумуляторов в странах Европы вкладывают южнокорейские (LG) и китайские компании (CATL).

Российский экспорт литий-ионных аккумуляторов в 2021 г. составил 7,4 млн долл., что составляет около 0,01 % от мирового экспорта. По оценке авторов, в 2023 г. экспорт литий-ионных аккумуляторов из России сократился на 17 % относительно уровня 2021 г.

Крупнейшими покупателями литий-ионных аккумуляторов на мировом рынке являются Германия (26,5 млрд долл.) и США (18,75 млрд долл.). Импорт литий-ионных аккумуляторов в Россию в 2021 г. составил 0,2 млн долл., к 2023 г. объем импорта аккумуляторов вырос в два раза и составил 0,4 млн долл. (оценка авторов).

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Формирование торговых блоков на рынке лития

Небольшое количество поставщиков, объясняемое концентрацией основных объемов запасов на территории нескольких стран, делает риски срыва поставок достаточно высокими, для их минимизации компании стремятся к выстраиванию стабильных, устойчивых цепочек поставок. Одним из способов повысить уровень надежности снабжения является поиск и разработка отечественных месторождений лития, однако этот способ подходит для стран, имеющих ресурсы лития, к тому же это относительно долгий путь. Другим способом могут стать различные формы интеграции между странами.

В последние годы все чаще поднимаются вопросы о мегарегиональных торговых соглашениях (МРТС), отличающихся от обычных региональных торговых соглашений более широким масштабом, а также большей привязанностью к геополитике [6]. Примером МРТС является Всеобъемлющее региональное экономическое партнерство (ВРЭП), включающее десять стран АСЕАН, а также Австралию, Японию, Южную Корею, Новую Зеландию, Китай; а также первое МРТС – Всеобъемлющее экономическое и торговое соглашение (СЕТА), соглашение между ЕС и Канадой. Такие союзы крайне важны для рынка: так, благодаря участию в ВРЭП Австралия получила открытый доступ на рынки крупнейших потребителей лития – Китая, Южной Кореи, Японии, что сказывается на стоимости экспорта. Благодаря консолидации потребителей и производителей литиевого сырья в рамках ВРЭП повышается надежность поставок и снижается зависимость от других странах, не входящих в объединение. Стоит заметить, что, согласно результатам исследования [7], торговля России с другими странами-участницами ВРЭП, кроме Китая, достаточно слабо развита. Согласно исследованию [11], внешторговое сотрудничество России и с другими странами, например Монгoliей, характеризуется нестабильностью и несбалансированностью, что также служит сигналом о необходимости налаживания устойчивых связей.

В настоящее время АТР является одним из полюсов мирового производства и потребления. Помимо того, что в этих странах (преимущественно в Китае, Южной Корее, Японии) развито производство высокотехнологичной продукции, что делает их крупными потребителями лития и других стратегически значимых материалов, они также оказывают все большее влияние на предложение. Многие ведущие горнодобывающие компании базируются в странах Азии [5], в частности китайским компаниям принадлежат литиевые проекты в Аргентине, Австралии, Чили, Демократической Республике Конго.

Особенно ярко проявляется тенденция к интеграциям на рынке «аккумуляторных» материалов, в число которых входит и литий. Авторы отмечают тенденцию к формированию двух торговых блоков: MSP (Mineral Security Partnership, Партнерство по безопасности полезных ископаемых), включающего 14 стран и Европейский Союз, и БРИКС+6 [23]. К формированию блоков привела проблема концентрации ресурсов, которая ведет к высоким рискам срыва поставок [14, 17]. Участие России в различных формах интеграции с другими странами, например в рамках БРИКС, облегчит выход на рынок лития и будет способствовать более высоким темпам развития за счет доступа к технологиям и рынкам стран, заинтересованных в поставках лития. Исследованию интеграционных эффектов при международном сотрудничестве посвящены работы [4, 9].

Последствия изменения географии торговли литием для России

На данный момент, несмотря на растущий мировой рынок лития, промышленная добыча лития в России не осуществляется. В России ведется лишь попутная добыча литийсодержащих пород, литий при этом не извлекается. Однако интерес к добыче лития в стране растет, что подтверждается последними научными достижениями. Институтом ГЕОХИ РАН разработана и запатентована технология добычи лития из сподуменового сырья, не имеющая аналогов в мире и позволяющая существенно повысить эффективность добычи, АО «Аксион – Редкие и Драгоценные Металлы» запатентовало способ сорбционного получения литиевого концентрата из литийсодержащего раствора, специалисты «Соликамского магниевого завода» разработали технологию, позволившую запустить производство метаниобат лития. До 2023 г. вопросам оценки запасов лития в составе гидроминеральных рассолов в России практически не уделялось внимания. До недавнего времени на государственном балансе числились только рудные запасы лития. По данным Минприроды, они составляют около 5,2 млн т LCE. В то же время, по некоторым оценкам, **ресурсы** лития в России в составе гидроминеральных рассолов можно оценить в 108 млн т LCE, или около 20 % от мировых ресурсов. Российские рассолоносные бассейны с промышленными концентрациями лития находятся в пределах древних Восточно-Европейской и Сибирской платформ. Литиевые рассолы также были обнаружены и на более молодых территориях Предкавказья.

Чуть лучше ситуация обстоит с переработкой лития, переработку осуществляют четыре компании:

1. ООО «Халмек», Тульская область – мощность по гидроксиду лития составляет 11 тыс. т LCE и в перспективе может вырасти до 31 тыс. т LCE;
2. ПАО «ХМЗ», Красноярский край – мощность по гидроксиду лития и металлическому литию составляет 30 т металлического лития;
3. АО «АЭХК», Иркутская область – перспективные мощности по гидроксиду лития оцениваются в 10–20 тыс. т LCE в 2027–2032 гг.;
4. ПАО «НЗХК», Новосибирская область – мощность по гидроксиду лития составляет 250 т, а перспективные мощности по металлическому литию – 1 тыс. т к 2028 г.

Сыре для переработки импортируется Россией (преимущественно карбонат лития), на экспорт поставляется в основном переработанный оксид и гидроксид лития. В условиях отсутствия внутренней добычи лития,

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

российская литиевая промышленность полностью зависит от поставок импортного сырья. В результате возникших ограничений и изменения логистики в 2023 г. импорт карбоната лития в Россию сократился в 4 раза, а поставки оксида и гидроксида лития на внешний рынок сократились в 8 раз (оценка авторов). При этом низкие темпы строительства отечественных мощностей по производству продукции высоких переделов, в частности заводов по производству литий-ионных аккумуляторов, приводят к усилению зависимости от импорта высокотехнологичной продукции.

Импорт литиевых первичных элементов и первичных батарей в 2021 г. составлял 36,8 млн долл., оксидов и гидроксидов лития – 6,9 млн долл. Однако существенно большая стоимость импорта приходится на продукцию более высоких переделов – литий-ионные аккумуляторы (рис. 3.1). По итогам 2021 г. стоимость импортированных литий-ионных аккумуляторов составила 208,8 млн долл. Основная экспортная продукция – оксиды и гидроксиды лития. По итогам 2021 г. стоимость экспорта оксида и гидроксида лития составила 79,4 млн долл.

Импорт карбонатов лития России в 2021 г. составил 9038 т., что на 21 % больше уровня предыдущего года. В региональной структуре импорта 68 % поставок карбоната лития было поставлено из Чили, 14 % из США, 11 % из Аргентины, 4 % из Китая, 2 % из Боливии (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Региональная структура импорта карбоната лития России, % от российского импорта
[8 и оценка ИНГГ]

Regional structure of lithium carbonate imports in Russia, % of Russian imports
[8 and estimation by the IPGG SB RAS]

Страна	2021	2023
Чили	67,9 %	38,9 %
Соединенные Штаты	14,1 %	14,6 %
Аргентина	11,1 %	3,7 %
Китай	3,9 %	17,2 %
Боливия	2,4 %	16,1 %
Соединенное Королевство	0,3 %	0,0 %
Южная Корея	0,2 %	3,7 %
Швейцария	0,1 %	0,0 %
Индия	0,0 %	1,7 %
Бразилия	0,0 %	1,9 %
Нигерия	0,0 %	1,1 %
Беларусь	0,0 %	1,1 %
Прочие	0,0 %	0,01 %

В 2023 г., по оценке авторов, импорт карбоната лития в Россию упал на 75 %. В региональной структуре поставок выросла доля Китая (до 17 %) и Боливии (до 16 %). Экспорт карбоната лития России в 2021 г. составил 0,5 т, поставки осуществлялись в Казахстан, Беларусь, Узбекистан.

Импорт оксидов и гидроксидов лития России в 2021 г. составил 757,2 т., что на 25 % больше уровня предыдущего года. В региональной структуре импорта 49 % поставок оксида и гидроксида лития было поставлено из Бельгии, 24 % из Южной Кореи, 18 % из Чили, 5 % из Китая (табл. 3). В 2023 г., по оценке авторов, импорт карбоната лития в Россию упал на 77 %. В региональной структуре поставок импорт осуществлялся преимущественно из Китая и Гонконга (Китай).

Экспорт оксида и гидроксида лития в 2021 г. составил 8526 т, что на 4,7 % больше, чем в предыдущем году. Основными направлениями экспорта в 2021 г. являлись Южная Корея (41 %) и Бельгия (35 %). Также осуществлялись поставки в Индию, Нидерланды, Эстонию, Польшу и другие страны. В 2023 г. произошло значительное снижение экспорта оксида и гидроксида, а также существенно изменилась региональная структура поставок. По оценке авторов, основными направлениями экспорта оксида и гидроксида лития в 2023 г. стали Индия (26 %), Объединенные Арабские Эмираты (24 %), Беларусь (14 %), Бельгия (10 %), Польша (10 %).

Особенностью современного мирового рынка лития является его высокий темп роста, а также несбалансированность, что приводит к значительным колебаниям цен. Хотя в настоящее время рынок хорошо обеспечен, необходимы постоянные инвестиционные потоки для разработки проектов, отвечающих долгосрочному спросу. Существуют риски того, что период относительно низких цен в настоящее время может привести к сокращению инвестиций в проекты по добыче литиевого сырья, что повлияет на среднесрочные и долгосрочные поставки. Это, в свою очередь, может вызвать новый виток роста цен на литий.

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Таблица 3
Table 3

Региональная структура импорта оксида и гидроксида лития в Россию, % от российского импорта
[8 и оценка ИНГГ]

Regional structure of lithium oxide and hydroxide imports to Russia, % of Russian imports
[8 and by the IPGG SB RAS]

Страна	2021	2023
Корея, Республика (Южная Корея)	40,8 %	0,0 %
Бельгия	35,0 %	9,8 %
Индия	8,1 %	26,0 %
Нидерланды	4,5 %	0,0 %
Эстония	2,6 %	0,0 %
Объединенные Арабские Эмираты	2,3 %	23,6 %
Польша	1,9 %	9,8 %
Соединенные Штаты	1,8 %	0,0 %
Соединенное Королевство	0,7 %	0,0 %
Турция	0,7 %	1,0 %
Япония	0,4 %	0,0 %
Беларусь	0,4 %	14,2 %
Сингапур	0,2 %	0,0 %
Канада	0,2 %	0,0 %
Узбекистан	0,2 %	0,5 %
Казахстан	0,1 %	1,0 %
Украина	0,1 %	0,0 %
Китай	0,0 %	0,0 %
Гонконг	0,0 %	7,9 %
Таиланд	0,0 %	2,0 %
Малайзия	0,0 %	2,0 %
Индонезия	0,0 %	2,0 %
Израиль	0,0 %	0,2 %
Азербайджан	0,0 %	0,05 %
Бразилия	0,0 %	0,001 %

Прогноз развития рынка лития

Согласно прогнозам различных агентств, во всех сценариях сохраняются высокие темпы роста спроса на литий в ближайшие десятилетия (рис. 11). Так, за период 2023–2030 гг. спрос на литий вырастет от 2,4 до 4,3 раз. К 2040 г. спрос на литий прогнозируется в диапазоне 3,4 (Выгон консалтинг, нижний уровень) – 7,6 млн т LCE (IEA, Net Zero by 2050). Таким образом, даже в минимальном сценарии спрос на литий за период 2023–2040 гг. вырастет в 3,9 раза. В следующее десятилетие прогнозируется замедление роста спроса на литий. Так, в базовом сценарии IEA (Announced Pledges Scenario) среднегодовой темп роста спроса на литий за период 2030–2040 гг. составляет 4 %, за период 2040–2050 гг. – 2,2 %.

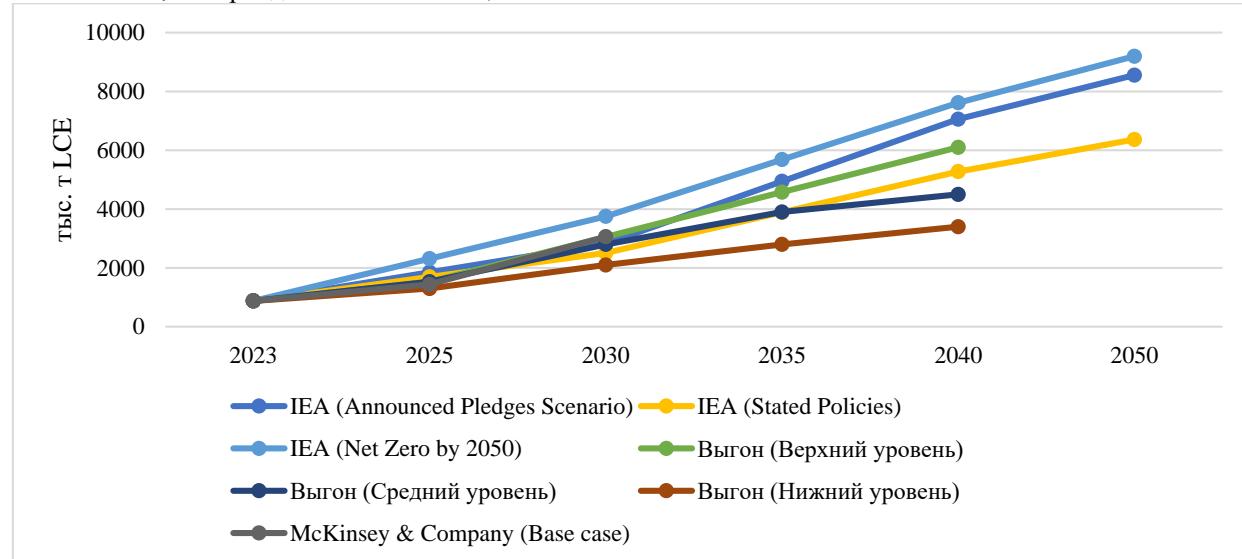


Рис. 11. Прогнозы спроса на литий в мире [1, 12, 16]

Fig. 11. Global lithium demand forecasts [1, 12, 16]

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

С учетом анонсированных и потенциально возможных проектов к 2030 г. объем внутреннего производства лития в России может составить от 80 до 143 тыс. т LCE. В течение следующего десятилетия прогнозируется увеличение внутреннего производства лития в 3,2–4,2 раза в зависимости от сценариев: до уровня 252–597 тыс. т LCE [1].

При этом внутренний спрос на литий в России прогнозируется на более низком уровне – до 20–22 тыс. т LCE к 2030 г., что позволит направлять часть продукции на экспорт. Перспективными для российского экспорта можно считать рынки Китая, Южной Кореи, Японии.

Интеграционные эффекты для России

Россия может выиграть от вступления на растущий и быстро развивающийся рынок, однако для этого уже сейчас необходимы значительные инвестиции в развитие инфраструктуры. Можно выделить целый ряд положительных эффектов для экономики России:

1. Возобновление производства лития в России позволит удовлетворить внутренний спрос, сократит зависимость от импорта и колебаний цен;
2. Рост обеспеченности литием может стимулировать развитие производств продукции высших переделов. Так, достаточное внутреннее предложение лития сократит риск колебаний цен, что повысит инвестиционную привлекательность проектов, связанных с производством литий-ионных аккумуляторов;
3. Создание новых рабочих мест;
4. Выход на международный рынок лития и участие в глобальных цепочках поставок повысит экспортный потенциал страны и значимость России как поставщика стратегически значимых ресурсов на международной арене.

При этом важно учитывать особенности проектов, взвешивать риски и выгоды. Так, в работе [3] выделены такие негативные факторы, как риск снижения мировых цен на литий, конкуренция, возможный недостаток спроса из-за относительно невысокого количества производителей, использующих литий. Мировой рынок лития находится на стадии становления, характеризуется высокими темпами роста, но и высокой волатильностью. Рынок обладает значительным потенциалом к дальнейшему росту, вместе с тем сохраняются определенные риски:

Общемировые:

1. Использование альтернативных технологий в системах хранения энергии, не использующих литий. Так, в 2023 г. совместное предприятие JAC Group и Volkswagen в Китае объявило о выпуске электромобиля, работающего на натрий-ионной батарее. В энергетике конкуренция со стороны альтернативных технологий хранения энергии (сжатый воздух, гравитационные системы хранения, водород);
2. Нестабильность рынка лития в связи с замедлением темпов перехода на возобновляемые источники энергии в ряде стран из-за геополитической ситуации;
3. Изменчивость конъюнктуры мирового рынка лития, обусловленная дисбалансом между темпами роста спроса на литий и вводом добывающих и перерабатывающих мощностей.

Российские:

1. Технологические риски для российского рынка лития, связанные с поиском экономически целесообразных технологий извлечения лития из рассолов;
2. Политические риски ввода санкций, что может привести к нарушению сложившихся потоков литиевого сырья и дисбалансу на мировом и региональных рынках лития;
3. Недостаточная проработанность проблемы учета запасов и ресурсов лития в рудных месторождениях, рассолах, хвостохранилищах, что является сдерживающим фактором для реализации проектов по добыче лития в России.

Заключение

Рынок лития на данный момент является активно и динамично развивающимся рынком, основным драйвером роста которого выступает активный рост производства электрического транспорта и систем хранения энергии. Одним из важнейших стимулов развития этих производств выступает принятая многими странами стратегия энергетического перехода.

В результате исследования было выявлено, что предложение на рынке сконцентрировано в Австралии, Аргентине, Чили, Китае, при этом основными потребителями являются Китай, Южная Корея, Япония. В условиях прогнозируемого роста спроса существует потенциал для входа на рынок еще одного поставщика лития, которым может выступить Россия, обладающая значительными запасами лития. Дополнительные преимущества Россия может получить при заключении соглашений с другими странами, что позволит получить доступ к рынкам и технологиям. Среди положительных интеграционных эффектов для России: доступ к передовым технологиям переработки и производства аккумуляторов, рост экспортного потенциала за счет более свободного доступа к рынкам сбыта, стимулирование инвестиций в проекты добычи.

Однако, несмотря на выгоды от изменения географии поставок за счет вступления России на рынок, стоит учесть ряд трудностей. Во-первых, необходимы существенные инвестиции на строительство необходимой инфраструктуры. Во-вторых, относительно невысокий российский спрос на литий не позволит достичь быстрого роста только за счет внутреннего рынка, поэтому важно искать выходы на внешний рынок при сложившейся системе торговых потоков на нем.

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

Библиографический список

1. Айрифуллин А.М, Заруба Е.С. Российский рассольный литий: проблемы и возможности // Энергетическая политика. 2023. № 8 (187). С. 38–47. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_8186_38 EDN: JERZMK
2. Аренков И.А., Иванова Д.В., Жеребчикова П.Е. Аналитический обзор рынка производителей литий-ионных аккумуляторов // Экономика, предпринимательство и право. 2023. Т. 13, № 12. С. 5963–5980. DOI: 10.18334/epp.13.12.119994 EDN: GJFXA
3. Глазырина И.П., Латышева М.А. Производство лития как фактор ренециализации приграничных регионов Востока России // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42, № 2. С. 14–23. DOI: 10.15372/GIPR20210202 EDN: FJAOUU
4. Ноздрев С.В. Внутрирегиональная торговая интеграция стран Тихоокеанской Азии: оценка возможностей // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. №. 11. С. 7–22. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-11-7-22 EDN: BYWZVA
5. Растворникова Е.В. Транснациональные компании стран Азии в мировом горнодобывающем комплексе // Инновации и инвестиции. 2023. № 11. С. 64–68. EDN: ZPKXAB
6. Семенова А.А. Мегарегиональные торговые соглашения: угроза или новое перспективное направление либерализации мировой торговли? // Экономические отношения. 2023. Т. 13, № 1. С. 11–24. DOI: 10.18334/eo.13.1.117347 EDN: XJGRTA
7. Ткаченко А.А. Мегасоглашения о торговле в глобальной экономике // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. № 1. С. 26–43. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-1-26-43 EDN: SPUOFM
8. Федеральная таможенная служба. URL: <https://customs.gov.ru/folder/521> (дата обращения: 27.02.2025)
9. Хисамутдинов И.А., Мухаметов М.Г., Каракурина Г.Г. Интеграционные процессы в международном нефтегазовом бизнесе: формы, тенденции, синergия // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия Экономика. 2022. № 3 (41). С. 63–71. DOI: 10.17122/2541-8904-2022-3-41-63-71 EDN: ZQKQEB
10. Черашев Д.В., Черашева О.Ю. Рынок материалов для выпуска электротранспортных средств: тенденции и позиции РФ // Российский внешнеэкономический вестник. 2023. № 4. С. 88–108. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-4-88-108 EDN: VCHCWL
11. Шерин Е.А. Внешнеторговое сотрудничество Монголии и сибирских регионов // Географический вестник. 2023. № 1 (64). С. 44–51. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-44-51 EDN: PCAENS
12. Alyabyev S., Edstein M., Krauze A., Jensen M. Y. Australia's potential in the lithium market. McKinsey&Company. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/australias-potential-in-the-lithium-market/> (дата обращения: 18.02.2025)
13. Hao H. et al. Modeling and assessing the robustness of the lithium global trade system against cascading failures // Resources Policy. 2023. Vol. 85. P. 103822. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.103822 EDN: JGRFNN
14. Gao W. et al. The role of G7 and BRICS country risks on critical metals: Evidence from time-and frequency-domain approach // Resources Policy. 2024. Vol. 88. P. 104257. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.104257 EDN: IDOTGQ
15. Garcia L.V., Ho Y.C., Myo Thant M.M., Han D.S., Lim J.W. Lithium in a sustainable circular economy: A comprehensive review // Processes. 2023. Vol. 11, No. 2. P. 418. DOI: 10.3390/pr11020418 EDN: CMDGPJ
16. Global EV Outlook 2023. International Energy Agency. 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023> (дата обращения: 17.07.2024)
17. Koyampambath A. et al. Supply risk evolution of raw materials for batteries and fossil fuels for selected OECD countries (2000–2018) // Resources Policy. 2022. Vol. 75, No. 102465. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102465 EDN: CKDLDK
18. Mineral commodity summaries 2022. U.S. Geological Survey. 2022. 202 p. DOI: 10.3133/mcs2022
19. Petavratzi E. et al. The impacts of environmental, social and governance (ESG) issues in achieving sustainable lithium supply in the Lithium Triangle // Mineral Economics. 2022. Vol. 35, No. 3. P. 673–699. DOI: 10.1007/s13563-022-00332-4 EDN: UOJMQR
20. Shao L., Jin S. Resilience assessment of the lithium supply chain in China under impact of new energy vehicles and supply interruption // Journal of cleaner production. 2020. Vol. 252, No. 119624. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119624 EDN: PUSSLG
21. Statistical Review of World Energy. Energy Institute. 2024. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review/home> (дата обращения: 17.07.2024)
22. UN Comtrade. International Trade Statistics Database. URL: <http://comtrade.un.org/> (дата обращения: 18.12.2024)
23. Vivoda V., Matthews R., McGregor N. A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs // Resources Policy. 2024. Vol. 89, No. 104587. DOI: 10.1016/j.resourpol.2023.104587 EDN: KABHNO
24. Zhou N. et al. China's lithium supply chain: Security dynamics and policy countermeasures // Resources Policy. 2022. Vol. 78, No. 102866. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102866 EDN: GWDILP

References

1. Arifullin, A., Zaruba, E. (2023), Russian brine lithium: problems and opportunities. *Energy policy*. No. 8 (187). Pp. 38–47. DOI: 10.46920/2409-5516_2023_8186_38.
2. Arenkov, I. A., Ivanova, D. V., Zhrebchikova P. E. (2023), Analytical review of the market for lithium-ion battery manufacturers, *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, No. 13(12). Pp. 5963–5980. DOI: 10.18334/epp.13.12.119994.
3. Glazyrina, I.P., Latysheva, M.A. (2021), Lithium production as the reindustrialization factor for the eastern border regions of Russia, *Geography and natural resources*. No. 42(2), Pp. 14–23. DOI:10.15372/gipr20210202.
4. Nozdrev, S. V. (2023), Regional Trade Integration in Asia and the Pacific: Assessing Opportunities, *Russian Foreign Economic Journal*, no. 11, pp. 7-22. doi: 10.24412/2072-8042-2023-11-7-22.
5. Растворникова, Е.В. (2023), Multinational companies of Asian countries in the global mining complex, *Innovation & Investment*, no. 11, pp. 64–68.
6. Semenova, A. A. (2023), Mega regional trade agreements: a threat or a new promising direction of global trade liberalization?, *Journal of International Economic Affairs*, no. 1, pp. 11–24. doi: 10.18334/eo.13.1.117347.
7. Tkachenko, A. A. (2023). Mega-Regional Trade Agreements in the Global Economy. No. 1. Pp. 26-43. DOI:10.24412.2072-8042-2023-1-26-43.
8. Federal Customs Service, available at: <https://customs.gov.ru/folder/521> (Accessed: 27 February 2025)
9. Khisamutdinov, I. A., Mukhametov, M. G., Karachurina, G. G. (2022), Integration processes in the international oil and gas business: forms, trends, synergies, *Bulletin USPTU. Science, education, economy. Series economy*, no. 3 (41), pp. 63–71. doi:10.17122/2541-8904-2022-3-41-63-71.
10. Cherashev, D. V., Cherasheva, O. Yu. (2023), The Market for Electric Vehicle Materials: Trends and Russia's Role, *Russian foreign economic journal*. No. 4. Pp. 88-108. DOI: 10.24412/2072-8042-2023-4-88-108.
11. Sherin, E.A. (2023), Foreign trade cooperation between Mongolia and Siberian regions, *Geographical bulletin*, No. 1(64). Pp. 44–51. DOI:10.17072/2079-7877-2023-1-44-51.
12. Alyabyev, S. et al. (2023), Australia's potential in the lithium market, *McKinsey & Company*. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/australias-potential-in-the-lithium-market/> (Accessed: 19 February 2025).
13. Hao, H. et al. (2023), Modeling and assessing the robustness of the lithium global trade system against cascading failures, *Resources Policy*, vol. 85, p. 103822. doi: 10.1016/j.resourpol.2023.103822.
14. Gao, W. et al. (2024), The role of G7 and BRICS country risks on critical metals: Evidence from time- and frequency-domain approach, *Resources Policy*, vol. 88, p. 104257. doi: 10.1016/j.resourpol.2023.104257.
15. Garcia, L.V. et al. (2023), Lithium in a sustainable circular economy: A comprehensive review, *Processes*, no. 11(2), p. 418. doi:10.3390/pr11020418.

Экономическая, социальная и политическая география
Немов В.Ю., Филимонова И.В., Комарова А.В., Саматова А.П.

16. IEA (2023), Global EV Outlook 2023, IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023> (Accessed: 19 February 2025).
17. Koyamparambath, A. et al. (2022), Supply risk evolution of raw materials for batteries and fossil fuels for selected OECD Countries (2000–2018), Resources Policy, vol. 75, p. 102465. doi: 10.1016/j.resourpol.2021.102465.
18. U.S. Geological Survey (2022), Mineral commodity summaries 2022, 202 p. DOI: <https://doi.org/10.3133/mcs2022>.
19. Petavratzi, E. et al. (2022), The impacts of environmental, social and governance (ESG) issues in achieving sustainable lithium supply in the Lithium Triangle, Mineral Economics, vol. 35, no. 3, pp. 673–699. doi:10.1007/s13563-022-00332-4.
20. Shao, L., Jin, S. (2020), Resilience assessment of the lithium supply chain in China under impact of New Energy Vehicles and supply interruption, Journal of Cleaner Production, vol. 252, p. 119624. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119624.
21. Energy Institute (2024), Statistical Review of World Energy. Available at: <https://www.energystat.org/statistical-review/home> (Accessed: 19 February 2025).
22. UN Comtrade. International Trade Statistics Database, available at: <http://comtrade.un.org/> (Accessed: 18 December 2025)
23. Vivoda, V., Matthews, R., McGregor, N. (2024), A critical minerals perspective on the emergence of geopolitical trade blocs, Resources Policy, vol. 89, p. 104587. doi: 10.1016/j.resourpol.2023.104587.
24. Zhou, N. et al. (2022), China's Lithium Supply Chain: Security Dynamics and policy countermeasures, Resources Policy, vol. 78, p. 102866. doi: 10.1016/j.resourpol.2022.102866.

Статья поступила в редакцию: 20.02.25, одобрена после рецензирования: 03.03.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 20 February 2025; approved after review: 03 March 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Василий Юрьевич Немов

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук;
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3
e-mail: NemovVU@ipgg.sbras.ru

Ирина Викторовна Филимонова

Доктор экономических наук, заведующая лабораторией «Центр экономики недропользования нефти и газа», Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук;
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3
e-mail: filimonovaiv@list.ru

Анна Владимировна Комарова

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук;
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3
e-mail: a.komarova@g.nsu.ru

Анастасия Павловна Саматова

Лаборант, Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН);
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3
e-mail: a.samatova@g.nsu.ru

Вклад авторов

Немов В.Ю. – сбор, обработка материала, написание статьи.

Филимонова И.В. – идея, координация исследования, научное редактирование текста.

Комарова А.В. – обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Саматова А.П. – сбор и обработка материала, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Vasily Yu. Nemov – collecting, processing material, writing an article.

Irina V. Filimonova – idea, research coordination, scientific text editing.

Anna V. Komarova – material processing, article writing, scientific text editing.

Anastasia P. Samatova – collection and processing of material, scientific text editing.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Information about the authors

Vasily Yu. Nemov

Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS);
3, prospekt Akad. Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia

Irina V. Filimonova

Doctor of Economic Sciences, Head of the Laboratory ‘Center for Economics of Subsurface Use of Oil and Gas’, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS);
3, prospekt Akad. Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia

Anna V. Komarova

Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS);
3, prospekt Akad. Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia

Anastasia P. Samatova

Laboratory Assistant, Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS);
3, prospekt Akad. Koptyuga, Novosibirsk, 630090, Russia

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Научная статья

УДК 911.3:30 (470.344)

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-47-59

EDN: EIYLC



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ИЗУЧЕНИИ ДОСТУПНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ НАСЕЛЕНИЮ ЧУВАШИИ

Андрей Юрьевич Харитонов¹, Инна Витальевна Никонорова², Александр Юрьевич Харитонов³

^{1, 2} Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

³ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

¹ andreykh97@mail.ru

² niko-inna@yandex.ru

³ ComradeAlexander@yandex.ru

Аннотация. Исследование посвящено пространственному анализу доступности первичной медико-санитарной помощи для сельского населения Чувашской Республики по состоянию на 01.01.2024 г. В рамках данной работы все жители населенных пунктов, за исключением населения, проживающего в городских округах на момент исследования, приравнены к сельскому. Оценка проводилась в три этапа, которые включали в себя медицинскую или кадровую обеспеченность, географическую доступность и комплексную доступность первичной медицинской помощи. В процессе анализа использовался матричный метод, примененный для расчета показателей каждого этапа. Для повышения наглядности врачебные участки были разделены на «центральные» и «периферийные». Оценка кадровой обеспеченности учитывала не только численность врачей узких специальностей, но и их загрузку по профилям заболеваний, а также распространенность заболеваний в соответствии с международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ-10). При оценке географической доступности основным показателем является время, проводимое в пути до медицинского учреждения, которое обеспечивает необходимую специализированную помощь. Выбор данного показателя обусловлен его большей информативностью по сравнению с расстоянием, поскольку он учитывает как качество дорожного покрытия, так и особенности рельефа местности. Комплексная доступность представляет собой синтетический показатель, полученный путем сочетания показателей кадровой обеспеченности и географической доступности. Он отражает суммарную доступность первичной медицинской помощи для сельского населения республики. Данные о территориальном охвате медицинских организаций, составе и численности прикрепленного к ним населения были получены из Министерства здравоохранения Чувашской Республики.

Ключевые слова: первичная медицинская помощь, муниципальный округ, обеспеченность медицинской помощью, географическая доступность медицинской помощи, оценка доступности медицинской помощи, Чувашская Республика

Благодарности. Авторы выражают благодарность Почетному члену Русского географического общества, доктору географических наук, профессору Архипову Ю.Р. (1944–2024) за помощь в подготовке данной работы.

Для цитирования: Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю. Использование пространственно-математических методов в изучении доступности первичной медицинской помощи населению Чувашии // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С.47–59. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-47-59 EDN EIYLC

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-47-59

EDN: EIYLC

SPATIAL-MATHEMATICAL METHODS IN STUDYING THE AVAILABILITY AND ACCESSIBILITY OF PRIMARY HEALTH CARE TO THE POPULATION OF CHUVASHIA

Andrey Yu. Kharitonov¹, Inna V. Nikonorova², Alexander Yu. Kharitonov³

^{1, 2} I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

³ Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

¹ andreykh97@mail.ru

² niko-inna@yandex.ru

³ ComradeAlexander@yandex.ru



© 2025 Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю. Распространяется по лицензии CC BY 4.0.

Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Abstract. The study is devoted to the spatial analysis of the availability and accessibility of primary health care to the rural population of the Chuvash Republic as of January 1, 2024. In the framework of this research, all residents of settlements were equated to rural population, with the exception of those living in urban districts at the time of the study. The assessment was carried out in three stages, covering staffing-related aspects, geographic accessibility, and aggregate evaluation of primary health care availability and accessibility (the aggregate indicator). The matrix method was used in the analysis to calculate the indicators of each stage. For greater clarity, health-care districts were divided into ‘central’ and ‘peripheral’. The assessment of staffing-related aspects took into account not only the number of specialist doctors but also their workload according to disease profiles as well as the prevalence of diseases in accordance with the international statistical classification of diseases and related health problems (ICD-10). When assessing geographic accessibility, the main indicator is the time it takes to reach a health institution providing the necessary specialized care. This indicator was chosen due to its greater information value compared to distance since it takes into account both the quality of the road surface and the features of the terrain. The aggregate indicator is obtained by combining the indicators related to staffing and geographic accessibility. Data on the medical organizations’ territorial coverage, on the composition and size of the population attached to them were obtained from the Ministry of Health of the Chuvash Republic.

Keywords: primary health care, municipal district, health care provision, geographic accessibility of health care, assessment of health care availability and accessibility, Chuvash Republic

Acknowledgement: the authors express their gratitude to Honorary Member of the Russian Geographical Society, Doctor of Geographical Sciences, Professor Yu.R. Arkhipov (1944 – 2024) for assistance in preparing this work.

For citation: Kharitonov, A.Yu., Nikonorova, I.V., Kharitonov, A.Yu. (2025). Spatial-mathematical methods in studying the availability and accessibility of primary health care to the population of Chuvashia. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 47–59. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-47-59 EDN: EIIYLC

Введение

При социально-экономической оценке региона одним из важнейших показателей является обеспеченность населения медицинской помощью. Однако он учитывает лишь данные по обеспеченности медицинским персоналом, а географическая доступность не всегда рассматривается. В связи с этим нами проведен анализ, где учитывается как обеспеченность населения республики медицинским персоналом, так и географическая доступность специалистов. Целью работы является анализ доступности первичной медицинской помощи, а также выявление роли географической доступности и кадровой обеспеченности для населения, проживающего в сельской (периферийной) местности.

Система медицинских учреждений республики имеет многоуровневую и иерархичную структуру: республиканская клиническая больница (РКБ), межтерриториальный медицинский центр (ММЦ), центральные районные больницы (ЦРБ), районные (участковые) больницы (РБ), врачебные амбулатории (ВА), отделения общей врачебной практики (ООВП), фельдшерско-акушерские пункты (ФАП). В качестве центров обслуживания в данной работе выступают учреждения, где имеется один врач и более: РКБ, ММЦ, ЦРБ, РБ, ВА, ООВП. В соответствии с Федеральным законом «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» под доступностью медицинской помощи подразумеваются: кадровая обеспеченность, географическая, финансово-экономическая, информационная доступности. Всего существует 4 вида медицинской помощи. В данной работе рассматривается доступность первичной медицинской помощи, которая включает в себя мероприятия по профилактике, диагностике, лечению заболеваний, медицинской реабилитации, наблюдению за течением беременности, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения [16].

Изучение медицинской географии, как правило, носит комплексный характер, т.е. чаще всего она рассматривается как один из показателей оценки «качества жизни населения» [19, 21, 23]. Как правило, проблема доступности первичной медицинской помощи в сельской местности исследуется с медицинской точки зрения [20, 22, 24, 25], где географический аспект не рассматривается или уходит на второй план. Однако географическая доступность специалистов является не менее важным фактором. На заре расцвета географии сферы обслуживания данный вопрос разрабатывался достаточно активно [12]. Но после раз渲ала Советского Союза географический аспект затрагивался достаточно редко, и поэтому современных отечественных работ по данной проблеме довольно мало [7, 10]. В связи с тем, что работа является междисциплинарной, в процессе написания активно использовались работы специалистов в области здравоохранения [14] и социально-экономической географии, где рассматриваются вопросы пространственной организации учреждений [1, 8, 9, 18], а также поведенческой географии [5].

Статья является продолжением серии работ по территориальному анализу доступности первичной медицинской помощи сельскому населению Чувашии [2, 3, 4].

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются врачебные участки Чувашской Республики. Они делятся на три вида: ООВП, ВА, терапевтические участки. ООВП и ВА находятся в крупных населенных пунктах (как правило, численность которых превышает 300 человек) и обслуживаются близлежащие населенные пункты. А терапевтические участки располагаются в муниципальном центре и обслуживаются поселения, которые не относятся ни к одному из ООВП или ВА. В данных медицинских учреждениях находятся один или несколько врачей общей практики или участковых терапевтов. Врачи узкой специализации расположены в РКБ, ММЦ, ЦРБ, РБ (в некоторых

Экономическая, социальная и политическая география

Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

участковых больницах имеются лишь терапевты). На данный момент сельское население Чувашской Республики обслуживаются 2 ММЦ: Шумерлинский и Канашский. Однако Канашский ММЦ не учитывается в данной работе, т.к. на момент 01 января 2024 г. это учреждение обеспечивало медицинской помощью только население города Канаш, а Янтиковская ЦРБ (в данной работе выступает как самостоятельное учреждение) к нему присоединена в качестве филиала в октябре 2024 г. [6]. Шумерлинский ММЦ обеспечивает медицинской помощью следующие муниципальные округа: Шумерлинский, Порецкий, Аллатырский, Аликовский, Вурнарский, Красночетайский. Новочебоксарская городская больница обслуживает не только город Новочебоксарск, но также Козловский и Мариинско-Посадский муниципальные округа. Районные и участковые больницы имеются в Вурнарском, Моргаушском, Чебоксарском муниципальных округах, а в Порецком округе крупнейшим центром обслуживания является участковая больница «Порецкая ЦРБ» (филиал Шумерлинского ММЦ). ЦРБ Краснармейского района выступает в качестве филиала Больницы скорой медицинской помощи (БСМП). Авторами к сельскому населению приравнены жители всех населенных пунктов Чувашии за исключением населения городов республиканского значения на момент 01 января 2024 г.

Данные о численности врачебных участков получены от Министерства здравоохранения Чувашской Республики. Также в качестве вспомогательного инструмента информации выступил Статистический ежегодник Чувашской Республики, выпущенный Чувашстатом [15]. Основные классы заболеваний выделены на основе МКБ-10, анализ проведен с использованием показателей, представленных в сборнике Росстата, в который введено 16 классов заболеваний [13]. Данные о заболеваемости получены из статистического сборника «Чувашия в цифрах» [17].

Уровень доступности первичной медицинской помощи для населения муниципальных округов оценивается при помощи метода, впервые примененного Ю.Р. Архиповым и А.Ю. Харитоновым [3]. Этот подход был разработан на основе материалов А.И. Алексеева, С.В. Ковалева, А.А. Ткаченко [1]. Основная часть расчетов выполнена при помощи матричного метода. При работе с данным методом наиболее активно использовались разработки Н.И. Блажко и Ю.Р. Архипова [11]. Все действия, произведенные для вычисления показателя, пошагово расписаны ниже.

Сначала, основываясь на данных о численности населения врачебных участков и количестве врачей разного профиля в медицинских учреждениях, определяется обеспеченность населения врачами по врачебным участкам.

Следующий этап посвящен определению доли вклада врачей разного профиля при лечении тех или иных заболеваний. Был применен метод экспертной оценки, в опросе участвовали опытные медицинские работники с большим стажем работы.

На третьем этапе вычисляется обеспеченность населения врачебных участков каждым видом медицинской помощи. Обеспеченность населения определенного врачебного участка медицинской помощью высчитывается как средневзвешенная величина. В качестве «весов» выступают доли участия врачей в оказании данной медицинской помощи.

Далее необходимо по каждому врачебному участку дать комплексную оценку обеспеченности населения всеми видами медицинской помощи. Она выступает как средневзвешенная величина, в качестве «весов» которой принимаются доли заболеваемости по каждому типу болезней.

На пятом этапе определяется географическая доступность для пациентов каждого врача определенного профиля в зависимости от его местонахождения, т.е. время преодоления дистанции в минутах от каждого населенного пункта до врача. Используется следующая формула (1):

$$GD_{ij} = \frac{1}{(1 + t_{ij})}, \quad (1)$$

где GD_{ij} – географическая доступность j -го врача населением i -го населенного пункта; t_{ij} – время, затрачиваемое на преодоление расстояния в минутах от i -го поселения до местонахождения j -го врача.

На шестом этапе для каждого врачебного участка вычисляется географическая доступность каждого вида медицинской помощи как средневзвешенная величина по степени участия врачей в оказании медицинской помощи.

На седьмом этапе вычисляется комплексная оценка географической доступности всех видов медицинской помощи по каждому врачебному участку, где географические доступности отдельных видов медицинской доступности взвешиваются по степени разных видов болезней.

Комплексная оценка доступности медицинской помощи определяется сочетанием двух показателей: обеспеченности медицинской помощью и ее географической доступностью (2):

$$D_i = \sqrt{O_i + GD_i}, \quad (2)$$

где D_i , O_i , GD_i – оценки комплексной доступности, кадровой обеспеченности и географической доступности медицинской помощи i -го населенного пункта.

Оценки O_i , GD_i предварительно должны быть нормализованы, т.к. они имеют разные единицы измерения. При нормализации применялась следующая формула (3):

$$y_i = \frac{x_i}{\bar{x}}, \quad (3)$$

где x_i – исходное значение; \bar{x} – среднее значение исходных данных; y_i – нормализованное значение.

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Нормализованное значение показателя D_i имеет определенные функции. Если $D_i \approx 1$, то население i -го врачебного участка имеет приблизительно среднюю по республике доступность. При $D_i > 1$ население i -го врачебного участка имеет доступность выше, а при $D_i < 1$ доступность для населения i -го врачебного участка ниже, чем в среднем по республике.

Показатель D_i позволяет провести классификацию врачебных участков и выявить территориальную дифференциацию муниципальных районов по степени доступности медицинской помощи [3].

Для наглядности врачебные участки разделены на две категории: «центральные» и «периферийные». К «центральным» отнесены врачебные участки, которые расположены в населенных пунктах, где имеются крупные медицинские центры (врачебные участки, прикрепленные к ЦРБ или РБ, где есть узкие специалисты), а к «периферийным» – медицинские центры, не имеющие узких специалистов.

Результаты и их обсуждение

Чувашская Республика – аграрно-индустриальный регион, расположенный в Среднем Поволжье и насчитывающий 1,2 млн чел. Доля сельского населения республики составляет 35,5 %, а в рамках данного исследования (с учетом населения малых городов: Мариинский Посад, Цивильск, Козловка, Ядрин) – 37,6 % от всего населения республики. Плотность населения составляет 63,7 чел. на 1 км², а также отмечается повышенная густота сельских населенных пунктов. Территория республики располагается на равнинной территории, где нет значительных перепадов высот, в зоне смешанных и широколиственных лесов, что подразумевает высокий потенциал развития инфраструктуры. Лесистость лишь на территории двух муниципальных округов (Алатырского и Ибресинского) составляет более 60 %, а в остальных данный показатель значительно ниже. Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием на достаточно высоком уровне – 461 км на 1000 км². Проблемы с плотностью автомобильных дорог наблюдаются лишь в муниципальных округах юго-запада республики, где, соответственно, плотность населения наименьшая. В целом республика однородная и плотно заселенная, высокой географической дифференциации между муниципальными округами не наблюдается.

Первоначально рассмотрим обеспеченность первичной медицинской помощью, т.е. проанализируем кадровую обеспеченность. Как видно из таблицы 1, всего к «центральным» врачебным участкам относится 93069 чел., из них 63163 чел. проживает на территориях с низкой, 22593 чел. – средней, 7313 чел. – высокой обеспеченностью. А «периферийные» врачиебные участки обслуживаются 239538 чел., из них 138607 чел. прикреплены к врачебным участкам с низкой, 93304 чел. – средней, 7627 чел. – высокой обеспеченностью. Видно, что в обеих категориях основная часть населения проживает на территориях с низкой кадровой доступностью. Далее рассмотрим показатели уже в разрезе муниципальных округов.

Таблица 1
Table 1

Обеспеченность первичной медицинской помощью населения Чувашской Республики
Provision of primary health care to the population of the Chuvash Republic

Уровень обеспеченности	«Центральные»		«Периферия»	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Высокая	7313	7,86	7627	3,18
Средняя	22593	24,28	93304	38,95
Низкая	63163	67,87	138607	57,86
Всего	93069	100	239538	100

Сначала рассматриваются врачебные участки, отнесенные к «центральным». В зоне высокой обеспеченности расположено население 3-х муниципальных округов: Вурнарского, Порецкого, Чебоксарского. Однако стоит отметить, что в Вурнарском (49,45 %) и Чебоксарском (29,21 %) муниципальных округах лишь часть населения в данной категории, а в Порецком – 100 %. Это районы, где имеются крупные вспомогательные центры. Так, Вурнарская ЦРБ и Порецкая УБ обслуживаются Шумерлинским ММЦ. К категории со средней обеспеченностью относится население следующих муниципальных округов: Батыревского, Вурнарского, Козловского, Красноармейского, Красночетайского, Моргаушского, Шумерлинского, Ядринского, Яльчикского. Тут опять же следует отметить вклад Шумерлинского ММЦ, к которому относятся Вурнарский, Красноармейский и Шумерлинский муниципальные округа, а также Новочебоксарская городская больница, обслуживающая Козловский муниципальный округ. Кроме того, сюда входят населенные пункты, которые обслуживаются достаточно «мощными» Батыревским и Моргаушским ЦРБ и БСМП, как в случае с Красноармейским муниципальным округом. В зоне низкой кадровой доступности расположено большинство населения, как правило, это зоны обслуживания мало- или среднемощных ЦРБ. Высокие значения врачебных участков, входящих в зоны обслуживания Моргаушской и Чебоксарской ЦРБ, объясняются высокой нагрузкой на специалистов (табл. 2).

В «периферийной» зоне в категорию высокой обеспеченности входят врачебные участки лишь 3-х муниципальных округов: Аликовского, Батыревского, Вурнарского. В случае с Аликовской ЦРБ сюда попали ВА с низкой численностью обслуживаемого населения. Также сюда входят терапевтические участки при Батыревской ЦРБ, которые обслуживаются большим количеством терапевтов. В Вурнарском муниципальном округе – врачебные участки, прикрепленные к Калининской УБ. Также для Батыревского муниципального округа характерна особенность, вызванная религиозным составом населения. В крупных населенных пунктах наблюдается высокая доля мусульман-суннитов. С этим связан тот факт, что после получения образования население стремится вернуться на

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

малую родину, вследствие чего муниципальный округ один из немногих не ощущает кадрового «голода». В зоны со средней и низкой обеспеченностью суммарно входит 96,8 % населения. Сюда попадают в основном периферийные врачебные участки. В категорию со средней обеспеченностью попали врачебные участки с низкой численностью обслуживаемого населения (в основном от 700 до 1200 чел.), а также терапевтические участки при ЦРБ. 100 % населения следующих муниципальных округов в данной зоне: Порецкий, Шумерлинский, Шемуршинский. В зону с низкой обеспеченностью попали врачебные участки, где высокая численность обслуживаемого населения или ЦРБ, где ощущается кадровый «голод». Например, 100 % населения Ибресинского, Канашского, Мариинско-Посадского районов попало именно сюда. Также входит в категорию с низкой обеспеченностью (25–50 %) население следующих зон обслуживания ЦРБ: Батыревская, Козловская, Чебоксарская, Ядринская, Яльчикская. Стоит отметить, что большинство населения половины муниципальных округов расположено именно в этой категории (табл. 3).

Таблица 2
Table 2

**Обеспеченность первичной медицинской помощью населения
«центральных» врачебных участков муниципальных округов Чувашской Республики**
**Provision of primary health care to the population of the ‘central’ health-care districts
within the municipal districts of the Chuvash Republic**

Уровень обеспеченности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	0	0	0	0
Аликовский	0	0	0	0	2250	100
Батыревский	0	0	1364	100	0	0
Вурнарский	1305	49,45	1334	50,55	0	0
Ибресинский	0	0	0	0	2619	100
Канашский	0	0	0	0	10117	100
Козловский	0	0	6723	100	0	0
Комсомольский	0	0	0	0	3344	100
Красноармейский	0	0	1436	100	0	0
Красночетайский	0	0	2156	100	0	0
Мариинско-Посадский	0	0	0	0	5608	100
Моргаушский	0	0	2762	48,74	2905	51,26
Порецкий	1456	100	0	0	0	0
Урмарский	0	0	0	0	4070	100
Цивильский	0	0	0	0	11754	100
Чебоксарский	4552	29,21	0	0	11034	70,79
Шемуршинский	0	0	2430	100	0	0
Шумерлинский	0	0	0	0	0	0
Ядринский	0	0	1388	19,43	5757	80,57
Яльчикский	0	0	3000	100	0	0
Янтиковский	0	0	0	0	3705	100
Всего	7313	–	22593	–	63163	–

Таблица 3
Table 3

**Обеспеченность первичной медицинской помощью населения «периферийных» врачебных участков
муниципальных округов Чувашской Республики**
**Provision of primary health care to the population of ‘peripheral’ health-care districts
within the municipal districts of the Chuvash Republic**

Уровень обеспеченности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	5016	45,27	6065	54,73
Аликовский	1165	14,16	2447	29,75	4613	56,09
Батыревский	3976	16,61	9709	40,56	10251	42,83
Вурнарский	2486	13,56	5766	31,46	10078	54,98
Ибресинский	0	0	0	0	12546	100
Канашский	0	0	0	0	13688	100
Козловский	0	0	4490	75,25	1477	24,75
Комсомольский	0	0	3409	25,08	10181	74,92
Красноармейский	0	0	3647	41,74	5090	58,26
Красночетайский	0	0	3766	45,23	4561	54,77
Мариинско-Посадский	0	0	0	0	7851	100
Моргаушский	0	0	3543	22,68	12077	77,32
Порецкий	0	0	3649	100	0	0

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Окончание таблицы 3

Уровень обеспеченности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Урмарский	0	0	3380	30,54	7688	69,46
Цивильский	0	0	4261	37,16	7207	62,84
Чебоксарский	0	0	13758	56,36	10654	43,64
Шемуршинский	0	0	7022	100	0	0
Шумерлинский	0	0	6320	100	0	0
Ядринский	0	0	5919	52,45	5365	47,55
Яльчикский	0	0	5135	51,76	4785	48,24
Янтиковский	0	0	2067	31,81	4430	68,19
Всего	7627	—	93304	—	138869	—

Ситуация с географической доступностью более поляризованная. В случае если мы говорим о «центральных» врачебных участках, она более позитивная, а если про «периферийные» – негативная. В «центральных» врачебных участках 71298 чел. (76,61 %) проживает в зоне высокой обеспеченности, тогда как в «периферийных» лишь 7084 чел. (2,96 %). Во врачебных участках, расположенных в крупных центрах в зоне средней доступности, проживает 12466 чел., низкой – 9305 чел. Если же мы обратим внимание на «периферийные» врачебные участки, то основная часть населения находится в зоне низкой географической доступности – 221225 чел., т.е. 92,35 %. Это вполне объяснимо тем, что основная часть населения, входящего в категорию «центральные», проживает непосредственно в населенном пункте, где имеется ЦРБ, а жителям «периферийных» поселений необходимо порой преодолевать большие расстояния для того, чтобы попасть к врачу узкой специальности. Это наиболее характерно для жителей юго-западной части республики, где высокая степень лесистости, а также низкая степень густоты дорожного полотна не позволяют жителям быстро добираться до врачей, особенно до узких специалистов (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Географическая доступность первичной медицинской помощи населения Чувашской Республики

Geographic accessibility of primary health care to the population of the Chuvash Republic

Уровень доступности	«Центральные»		«Периферия»	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Высокая	71298	76,61	7084	2,96
Средняя	12466	13,39	11229	4,69
Низкая	9305	10,00	221225	92,35
Всего	93069	100	239538	100

Все население врачебных участков, отнесенных к «центральным» в Аликовском, Батыревском, Канашском, Козловском, Комсомольском, Красноармейском, Красночетайском, Урмарском, Цивильском, Шемуршинском, Яльчикском, Янтиковском муниципальных округах, включается в зону высокой обеспеченности. Также в диапазоне от 50 до 81 % расположены врачебные участки, относящиеся к зонам обслуживания Вурнарской, Ибресинской, Мариинско-Посадской, Моргаушской, Ядринской ЦРБ. Это чаще всего ООВА и ВА при ЦРБ, т.е. население непосредственно муниципального центра. В зоне средней доступности представлены врачебные участки, расположенные на окраинах муниципальных центров, за исключением Порецкой ЦРБ, где показатель на уровне 100 %. 46–48 % населения Ибресинского, Мариинско-Посадского, Чебоксарского муниципальных округов расположены в данной категории. В зоне низкой доступности отмечены врачебные участки Вурнарского, Моргаушского, Чебоксарского, Ядринского округов, поскольку все они находятся на значительном удалении от муниципального центра (табл. 5).

Высокая географическая доступность «периферийных» врачебных участков характерна лишь для населения четырех муниципальных округов: Батыревского, Чебоксарского, Яльчикского, Янтиковского. Врачебные участки, отнесенные к данной категории, расположены вблизи ЦРБ или на крупной автомобильной трассе, ведущей к центрам обслуживания. В зоне средней доступности также находится четыре муниципальных округа: Аликовский, Батыревский, Комсомольский, Шумерлинский. Высокие показатели зоны обслуживания Аликовской ЦРБ объясняются небольшой площадью территории муниципального округа, а также тем, что она обслуживается Шумерлинским ММЦ, который компенсирует недостаток специалистов на местах. Все население Аллатырского, Вурнарского, Ибресинского, Канашского, Козловского, Красноармейского, Красночетайского, Мариинско-Посадского, Моргаушского, Порецкого, Урмарского, Цивильского, Шемуршинского, Ядринского муниципальных округов входит в зону низкой географической доступности. Высокая обеспеченность населения врачебных участков, входящих в ареал обслуживания Батыревской и Чебоксарской ЦРБ, объясняется плотностью сети медицинских учреждений, в Комсомольском, Яльчикском, Янтиковском муниципальных округах – небольшой площадью обслуживаемой территории, а также высокой плотностью автодорожной сети. Наиболее осложненными

Экономическая, социальная и политическая география

Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

являются ареалы обслуживания Алатырской и Ибресинской ЦРБ, так как данная проблема связана с лесистостью и низкой плотностью автодорожной сети. Также эта проблема накладывается на низкую плотность медицинских учреждений, которая характерна для большинства зон обслуживания (табл. 6).

Таблица 5
Table 5

**Географическая доступность первичной медицинской помощи населения
«центральных» врачебных участков муниципальных округов Чувашской Республики**
**Geographic accessibility of primary health care to the population
of ‘central’ health-care districts within the municipal districts of the Chuvash Republic**

Уровень доступности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	0	0	0	0
Аликовский	2250	100	0	0	0	0
Батыревский	1364	100	0	0	0	0
Вурнарский	1334	50,55	0	0	1305	49,45
Ибресинский	1374	52,46	1245	47,54	0	0
Канашский	10117	100	0	0	0	0
Козловский	6723	100	0	0	0	0
Комсомольский	3344	100	0	0	0	0
Красноармейский	1436	100	0	0	0	0
Красночетайский	2156	100	0	0	0	0
Мариинско-Посадский	3027	53,98	2581	46,02	0	0
Моргаушский	2905	51,26	0	0	2762	48,74
Порецкий	0	0	1456	100	0	0
Урмарский	4070	100	0	0	0	0
Цивильский	11754	100	0	0	0	0
Чебоксарский	4552	29,21	7184	46,09	3850	24,70
Шемуршинский	2430	100	0	0	0	0
Шумерлинский	0	0	0	0	0	0
Ядринский	5757	80,57	0	0	1388	19,43
Яльчикский	3000	100	0	0	0	0
Янтиковский	3705	100	0	0	0	0
Всего	71298	—	12466	—	9305	—

Таблица 6
Table 6

**Географическая доступность первичной медицинской помощи населения
«периферийных» врачебных участков муниципальных округов Чувашской Республики**
**Geographic accessibility of primary health care to the population
of ‘peripheral’ health-care districts within the municipal districts of the Chuvash Republic**

Уровень доступности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	0	0	11081	100
Аликовский	0	0	3331	40,50	4894	59,50
Батыревский	3952	16,51	3976	16,61	16008	66,88
Вурнарский	0	0	0	0	18330	100
Ибресинский	0	0	0	0	12546	100
Канашский	0	0	0	0	13688	100
Козловский	0	0	0	0	5967	100
Комсомольский	0	0	2754	20,26	10836	79,74
Красноармейский	0	0	0	0	8737	100
Красночетайский	0	0	0	0	8327	100
Мариинско-Посадский	0	0	0	0	7851	100
Моргаушский	0	0	0	0	15620	100
Порецкий	0	0	0	0	3649	100
Урмарский	0	0	0	0	11068	100
Цивильский	0	0	0	0	11468	100
Чебоксарский	826	3,38	0	0	23586	96,62
Шемуршинский	0	0	0	0	7022	100
Шумерлинский	0	0	1168	18,48	5152	81,52
Ядринский	0	0	0	0	11284	100
Яльчикский	1212	12,22	0	0	8708	87,78
Янтиковский	1094	16,84	0	0	5403	83,16
Всего	7084	—	11229	—	221487	—

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Заключительным этапом является выведение комплексной доступности первичной медицинской помощи. «Центральные» врачебные участки распределены по категориям довольно равномерно. Чуть менее половины населения проживает в зонах со средней доступностью, а именно 46516 чел. Высокие показатели комплексной доступности характерны для 20961 чел., а низкие – для 25592 чел. Ситуация с «периферийными» врачебными участками более поляризована. На территориях с низкой доступностью проживает 190418 чел., т.е. 79,41 %. Следующей категорией по распространенности являются территории со средней доступностью, в них проживает всего 36674 чел., во врачебных участках с высокой комплексной доступностью – 12708 чел. Более подробно с результатами можно ознакомиться в табл. 7. Результаты комплексной доступности медико-санитарной помощи населению республики в разрезе врачебных участков показаны на рис. 1.

Таблица 7
 Table 7

Комплексная доступность первичной медицинской помощи населения Чувашской Республики
 Aggregate indicators of primary health care availability and accessibility to the population of the Chuvash Republic

Уровень доступности	«Центральные»		«Периферия»	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Высокая	20961	22,52	12708	5,31
Средняя	46516	49,98	36674	15,31
Низкая	25592	27,50	190156	79,38
Всего	93069	100	239538	100

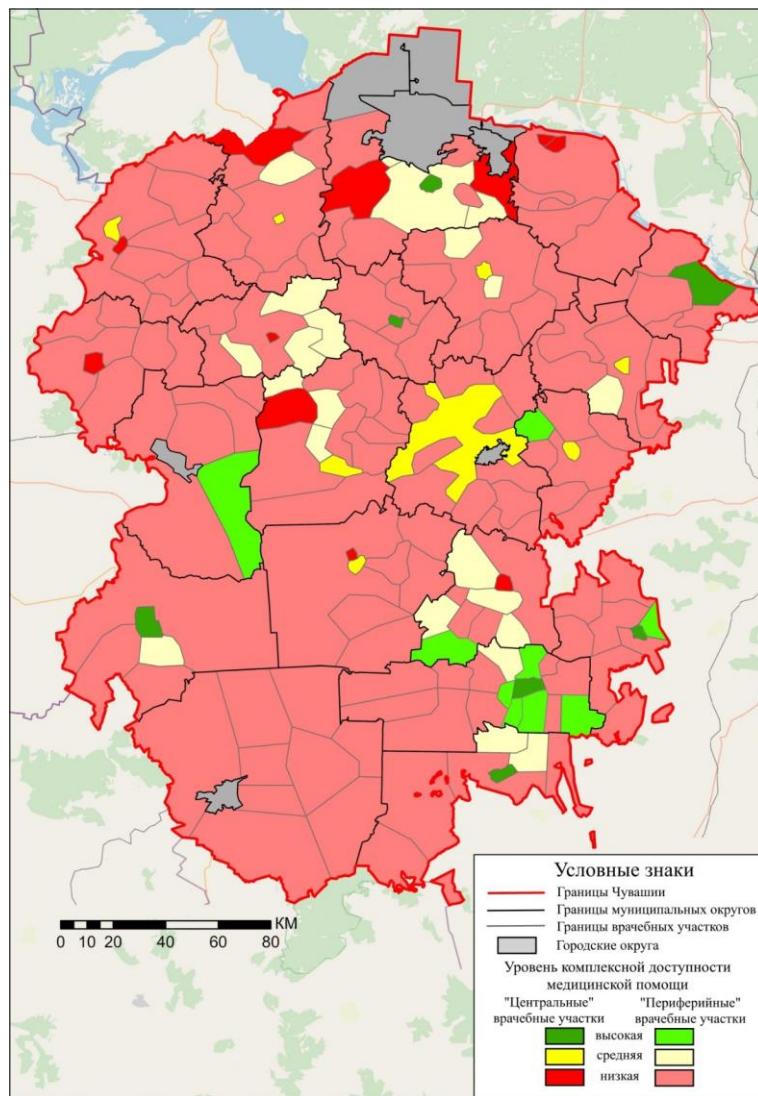


Рис. 1. Уровень доступности первичной медицинской помощи во врачебных участках Чувашской Республики
 Fig. 1. The level of primary health care availability and accessibility in health-care districts of the Chuvash Republic

*Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.*

Сначала подробно рассмотрены «центральные» врачебные участки. 100 % населения следующих муниципальных округов проживает в зоне высокой комплексной доступности: Батыревский, Козловский, Красноармейский, Порецкий, Шемуршинский и Яльчикский. Также 29,21 % населения Чебоксарского муниципального округа относится к одному врачебному участку, который имеет как высокую географическую доступность, так и кадровую обеспеченность. Всё население вышеперечисленных зон обслуживания расположено в категориях с высокой или средней географической доступностью и кадровой обеспеченностью. Показательно, что кадровая обеспеченность имеет ключевую роль для Порецкого округа, а для Батыревского, Красноармейского, Козловского, Шемуршинского, Яльчикского муниципальных округов – географическая доступность.

В категории со средней комплексной доступностью население семи муниципальных округов имеет показатели в диапазоне от 80 до 100 %: Канашский, Комсомольский, Красночетайский, Урмарский, Цивильский, Ядринский, Янтиковский. Также сюда входит чуть более 50 % населения Вурнарского, Ибресинского, Моргаушского муниципальных округов, где наблюдается высокая географическая доступность и средняя или низкая кадровая обеспеченность, а в остальных муниципальных округах – высокая географическая доступность и низкая кадровая доступность.

В зонах с низкой комплексной доступностью проживает 70–100 % населения Аликовского, Мариинско-Посадского, Чебоксарского муниципальных округов, а также около половины населения Вурнарской, Ибресинской, Моргаушской ЦРБ. Хоть население врачебного участка Вурнарской ЦРБ имеет высокую кадровую обеспеченность, однако всю картину портит низкая географическая доступность, которая сводит на нет первый показатель. С врачебным участком Ибресинской ЦРБ обратная ситуация, где отмечается средняя географическая доступность и крайне низкая медицинская обеспеченность. В ситуации с населением Аликовского и Мариинско-Посадского муниципальных округов высокая или средняя географическая доступность не способны перекрыть крайне низкую кадровую обеспеченность. Во врачебных участках Чебоксарского района низкие значения наблюдаются по обоим показателям (табл. 8).

Таблица 8
Table 8

**Комплексная доступность первичной медицинской помощи населения «центральных»
врачебных участков муниципальных округов Чувашской Республики**
**Aggregate indicators of primary health care availability and accessibility to the population of ‘central’
health-care districts within the municipal districts of the Chuvash Republic**

Уровень доступности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	0	0	0	0
Аликовский	0	0	0	0	2250	100
Батыревский	1364	100	0	0	0	0
Вурнарский	0	0	1334	50,55	1305	49,45
Ибресинский	0	0	1374	52,46	1245	47,54
Канашский	0	0	10117	100	0	0
Козловский	6723	100	0	0	0	0
Комсомольский	0	0	3344	100	0	0
Красноармейский	1436	100	0	0	0	0
Красночетайский	0	0	2156	100	0	0
Мариинско-Посадский	0	0	0	0	5608	100
Моргаушский	0	0	2905	51,26	2762	48,74
Порецкий	1456	100	0	0	0	0
Урмарский	0	0	4070	100	0	0
Цивильский	0	0	11754	100	0	0
Чебоксарский	4552	29,21	0	0	11034	70,79
Шемуршинский	2430	100	0	0	0	0
Шумерлинский	0	0	0	0	0	0
Ядринский	0	0	5757	80,57	1388	19,43
Яльчикский	3000	100	0	0	0	0
Янтиковский	0	0	3705	100	0	0
Всего	20961	–	46516	–	25592	–

Далее рассматриваются «периферийные» врачебные участки. Высокая комплексная доступность характерна лишь для небольшой части населения Батыревского, Комсомольского, Шумерлинского, Яльчикского, Янтиковского муниципальных округов. Существенный массив составляет население, прикрепленное к Батыревской ЦРБ. Для населения практически всех врачебных участков наблюдается высокая географическая доступность и средняя медицинская обеспеченность.

В зоне средней комплексной доступности проживает 30–60 % населения Аликовского, Комсомольского, Порецкого, Чебоксарского, Шумерлинского муниципальных округов. Менее многочисленно представлены сле-

Экономическая, социальная и политическая география

Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

дующие муниципальные округа: Батыревский, Вурнарский, Моргаушский, Урмарский, Цивильский. Для большинства представленных в данной категории врачебных участков характерны низкая географическая доступность и средняя или низкая кадровая обеспеченность.

Ключевая часть населения расположилась в зоне низкой обеспеченности. В данную категорию попадает все население Алатырского, Ибресинского, Канашского, Козловского, Красноармейского, Красночетайского, Мариинско-Посадского, Ядринского муниципальных округов. Данную группу можно назвать депрессивной. Для них характерны низкая географическая доступность и средняя кадровая обеспеченность. В группе средней депрессивности, где показатель варьируется от 60 до 95 % населения, расположены следующие муниципальные округа: Аликовский, Батыревский, Вурнарский, Моргаушский, Порецкий, Урмарский, Цивильский, Шумерлинский, Шемуршинский, Яльчикский, Янтиковский. Для основной части населения данной группы характерны низкие показатели как географической доступности, так и кадровой обеспеченности. Наименее депрессивными являются зоны обслуживания следующих ЦРБ: Комсомольской и Чебоксарской. Здесь лишь 40–50 % населения находится в зоне низкой комплексной доступности. Все врачебные участки достаточно сильно отдалены от центра обслуживания, т.е. от ЦРБ, а также имеют низкую кадровую доступность (табл. 9).

Таблица 9
Table 9

Комплексная доступность первичной медицинской помощи населения
«периферийных» врачебных участков муниципальных округов Чувашской Республики
Aggregate indicators of primary health care availability and accessibility to the population
of ‘peripheral’ health-care districts within the municipal districts of the Chuvash Republic

Уровень доступности	Высокая		Средняя		Низкая	
	чел.	доля, %	чел.	доля, %	чел.	доля, %
Алатырский	0	0	0	0	11081	100
Аликовский	0	0	2640	32,10	5585	67,90
Батыревский	7928	33,12	1582	6,61	14426	60,27
Вурнарский	0	0	3407	18,59	14923	81,41
Ибресинский	0	0	0	0	12546	100
Канашский	0	0	0	0	13688	100
Козловский	0	0	0	0	5967	100
Комсомольский	1306	9,61	5676	41,77	6608	48,62
Красноармейский	0	0	0	0	8737	100
Красночетайский	0	0	0	0	8327	100
Мариинско-Посадский	0	0	0	0	7851	100
Моргаушский	0	0	861	5,51	14759	94,49
Порецкий	0	0	1258	34,48	2391	65,52
Урмарский	0	0	1482	13,39	9586	86,61
Цивильский	0	0	2387	20,81	9081	79,19
Чебоксарский	0	0	14584	59,74	9828	40,26
Шемуршинский	0	0	2797	39,83	4225	60,17
Шумерлинский	1168	18,48	0	0	5152	81,52
Ядринский	0	0	0	0	11284	100
Яльчикский	1212	12,22	0	0	8708	87,78
Янтиковский	1094	16,84	0	0	5403	83,16
Всего	12708	—	36674	—	190418	—

Высокая степень географической доступности в «центральных» врачебных участках понятна. Они располагаются чаще всего в муниципальном центре, и врачи находятся в шаговой доступности от потенциальных пациентов. Однако стоит обратить особое внимание на «периферийные» врачебные участки, где ситуация более негативная. Исключением можно назвать разве что зону обслуживания Батыревской ЦРБ, где треть населения расположена в зоне высокой комплексной доступности. В остальных же районах низкий показатель комплексной доступности во многом объясняется географической доступностью, которая возникла не из-за географических особенностей территории, а из-за низкой разреженности учреждений, предоставляющих первичную медицинскую помощь. Географические характеристики значимо усложняют доступность только в Алатырском и Ибресинском муниципальных округах.

Заключение

По итогам анализа можно констатировать тот факт, что географическая доступность медико-санитарной помощи имеет не меньшую важность, чем кадровая обеспеченность населения, и лишь совмещение этих двух производных позволяет построить реальную картину с ситуацией медицинского обслуживания населения, проживающего на территории республики. В первую очередь географическая доступность важна для жителей периферийных населенных пунктов. Также стоит отметить высокую важность наличия районных или участковых больниц, это наиболее ярко отражается на комплексной доступности медико-санитарной помощи населению, прикрепленному к Чебоксарской ЦРБ.

*Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.*

Для подавляющего большинства «центральных» врачебных участков характерен высокий или средний уровень доступности комплексной медико-санитарной помощи. Наиболее положительный эффект на формирование данного показателя оказывает географическая доступность. В зону высокой географической доступности попадает 76,61 % населения врачебных участков. Если посмотреть на суммарную долю населения в категории высокой и средней доступности, то здесь показатель уже на уровне 90 %, тогда как медицинская обеспеченность населения врачебных участков отмечается лишь для 32,14 % на высоком или среднем уровне.

Основная часть населения «периферийных» врачебных участков находится в зоне низкой доступности комплексной медико-санитарной помощи. В данном случае наблюдается обратная картина, где более высокие значения отмечаются для показателей кадровой обеспеченности, а географическая доступность значительно снижает показатели комплексной доступности для населения большинства врачебных участков.

Как видно из результатов анализа, на данный момент полноценно работают районные и участковые больницы лишь Чебоксарской ЦРБ, за счет которых, несмотря на то что ЦРБ обслуживает второй по площади и первый по численности муниципальный округ республики, имеет наиболее позитивные показатели по комплексной доступности медицинской помощи.

Важной проблемой медицинских организаций, обслуживающих сельское население, является проблема кадрового «голода». На сайтах центральных районных больниц республики имеется огромное количество вакантных мест, которые не востребованы у молодых специалистов, т.е. у местной администрации есть большие проблемы с привлечением молодых врачей.

Библиографический список

1. Алексеев А.И., Ковалев С.В., Ткаченко А.А. География сферы обслуживания: основные понятия и методы. Тверь: учебное пособие. Тверской государственный университет, 1991. 117 с. ISBN: 5-230-07837-5 EDN: UZKOYB
2. Архипов Ю.Р., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю., Харитонов А.Ю. Анализ доступности первичной медицинской помощи для сельского населения Чувашской Республики // Региональные геосистемы. 2024. № 48 (4). С. 481–493. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-4-481-493 EDN: KLTSNA
3. Архипов Ю.Р., Харитонов А.Ю. ТERRITORIALNYI ANALIZ DOSTUPNOSTI PERYICHNOI MEDICINSKOI POMOCHI NASELENIYU MUNICIPIAL'NOGO RAYONA (na primere CIVIL'SKOGO RAYONA CHUVASHSKOI RESPUBLIKI) // Geoprostранственные исследования общественных и природных систем: теория и практика: сборник статей. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова». Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2019. С. 13–17. EDN DMGNIX.
4. Архипов Ю.Р., Харитонов А.Ю., Никонорова И.В. ТERRITORIALNYI ANALIZ DOSTUPNOSTI MEDICINSKOI POMOCHI NASELENIYU CHUVASHSKOI RESPUBLIKI // Nauki o Zemle: ot teorii k praktike (Archikovskie chteniya –2020). Чебоксары, 2020. С. 275–280. EDN: QWJNOH
5. Балина Т.А., Столбов В.А. Социальное самочувствие населения в контексте поведенческой географии // Географический вестник. 2023. № 1 (64). С. 72–83. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-72-83 EDN: JJCJO
6. Бюджетное учреждение Чувашской Республики «Канашский межтерриториальный медицинский центр» Министерства здравоохранения Чувашской Республики. URL: <https://kanash-mmrc.med.cap.ru/about/filial-yantikovskaya-centraljnaya-rajonnaya-boljni/istoriya> (дата обращения: 06.01.2025)
7. Зеленюк Ю.М. Пространственный фактор в организации медицинского обслуживания населения Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 28. С. 48–61. DOI: 10.26516/2073-3402.2019.28.48 EDN: ECTDNC
8. Зеленюк Ю.М., Михайлова Е.С. Территориальная организация социальной инфраструктуры сельских поселений (на примере Заларинского района Иркутской области) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 31. С. 16–25. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.31.16 EDN: CLZXJX
9. Крылов П.М. Роль транспортной инфраструктуры в устойчивом развитии и территориальном планировании региона (транспортно-географический аспект) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия Естественные науки. 2017. № 2. С. 50–58. DOI: 10.18384/2310-7189-2017-2-50-58 EDN: YZAXTX
10. Малхазова С.М. Тенденции развития медицинской географии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2005. № 2. С. 28–34. EDN: HRXQRJ
11. Математические методы в географии: учеб. пособие / Ю.Р. Архипов, Н.И. Блажко, С.В. Григорьев [и др.]. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. 352 с.
12. Микалючика Л.Б. Картографическое изучение географии медицинского обслуживания сельского населения / В.В. Покшишевский // География сферы обслуживания. Вопросы географии. М.: Мысль, 1972. Сб. 91. С. 145–157.
13. МКБ 10 – Международная классификация болезней 10-го пересмотра. URL: <https://mkb-10.com> (дата обращения: 28.08.2024)
14. Муравьева В.Н., Максименко Л.Л., Хрипунова А.А. Организация медицинской помощи в Российской Федерации: учеб.-метод. пособие. Ставрополь: Изд-во СтГМУ, 2017. 85 с.
15. Статистический ежегодник Чувашской Республики. 2024: стат. сб. Чебоксары: Чувашстат, 2024. 332 с.
16. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (посл. ред.). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 28.08.2024)
17. Чувашия в цифрах. 2024: крат. стат. сб. Чебоксары: Чувашстат, 2024. 210 с.
18. Шарыгин М.Д., Субботина Т.В. Географическое обеспечение региональной социально-экологической политики // Географический вестник. 2015. № 2 (33). С. 11–16. EDN: UHUGMT
19. Brown T., McLafferty S., Moon G. A Companion to Health and Medical Geography. Wiley-Blackwell. 2009. 640 p.
20. Franco C.M., Lima J.G., Giovanella L. 2021. Primary healthcare in rural areas: access, organization, and health workforce in an integrative literature review. Cad Saude Publica. 2021 Jul 7. English, Portuguese. No. 37 (7). P. e00310520. DOI: 10.1590/0102-311X00310520
21. Gellert G.A. The importance of quality of life research for health care reform in the USA and the future of public health // Quality of Life Research. 1993. Vol. 2. P. 357–361. DOI: 10.1007/bf00449431 EDN: PTBVUV

Экономическая, социальная и политическая география

Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

22. Gizaw Z., Astale T., Kassie G.M. What improves access to primary healthcare services in rural communities? A systematic review. *BMC Prim. Care* 23. 2022. 313 p. DOI: 10.1186/s12875-022-01919-0 EDN: AZWZTS
23. Meade M.S., Emch M. Medical Geography // Guilford. 2010. 529 p.
24. Moskvicheva M.G., Polinov M.M. Analysis of the primary health care state for the rural population at the regional level // *Ural Medical Journal*. 2021. No. 20 (1). P. 50–57. (In Russ.) DOI: 10.52420/2071-5943-2021-20-1-50-57 EDN: QMIEZN
25. Oshkordina A., Goncharova N., Makarova E., Esina E. Organization of primary health care as a factor in the effective development of rural areas. *E3S Web of Conferences* 09006. 2024. DOI: 10.1051/e3sconf/202453709006537 EDN: TRHPOW

References

1. Alekseev, A.I., Kovalev, S.V., Tkachenko, A.A. (1991). *Geografiya sfery obsluzhivaniya: osnovnye ponyatiya i metody* (Geography of the Service Sector: Basic Concepts and Methods). Tver': uchebnoe posobie. Tverskoy gosudarstvennyj universitet (in Russian)
2. Arhipov, Yu.R., Nikonorova, I.V., Haritonov, Al.Yu., Haritonov, An.Yu. (2024). Analiz dostupnosti pervichnoj medicinskoj pomoshchi dlya sel'skogo naseleniya Chuvashskoj Respubliki (Analysis of the availability of primary medical care for the rural population of the Chuvash Republic). *Regional geosystems*, 48(4): 481–493. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-4-481-493 (in Russian)
3. Arhipov, Yu.R., Haritonov, A.Yu. (2019). Territorial'nyj analiz dostupnosti pervichnoj medicinskoj pomoshchi naseleniyu municipal'nogo rajona (na primere Civil'skogo rajona Chuvashskoj Respubliki) (Territorial analysis of the availability of primary medical care for the population of a municipal district (using the example of the Tsivilsky District of the Chuvash Republic)). *Geoprostranstvennye issledovaniya obshchestvennyh i prirodnnyh sistem: teoriya i praktika* (Geospatial Research of Social and Natural Systems: Theory and Practice). Chuvashskij gosudarstvennyj universitet im. I.N. Ul'yanova. Cheboksary: Obshchestvo s ogranicennoj otvetstvennost'yu «Izdatel'skij dom «Sreda». Pp.13–17. EDN DMGNIX (in Russian)
4. Arhipov, Yu.R., Haritonov, A.Yu., Nikonorova, I.V. (2020). Territorial'nyj analiz dostupnosti medicinskoj pomoshchi naseleniyu Chuvashskoj Respubliki (Territorial analysis of medical care accessibility in the Chuvash Republic). *Nauki o Zemle: ot teorii k praktike (Archikovskie chteniya –2020) (Earth Sciences: From Theory to Practice (Archikov Readings 2020))*. Cheboksary. Pp. 275–280 (in Russian)
5. Balina, T.A., Stolbov, V.A. (2023). Social'noe samochuvstvie naseleniya v kontekste povedencheskoy geografii (The social well-being of the population in the context of behavioral geography). *Geographical Bulletin*. No 1(64). Pp. 72–83. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-72-83 (in Russian)
6. Byudzhetnoe uchrezhdenie Chuvashskoj Respubliki «Kanashskij mezterritorial'nyj medicinskij centr» Ministerstva zdorovraneniya Chuvashskoj Respubliki (Budgetary Institution of the Chuvash Republic "Kanash Interdistrict Medical Center" of the Ministry of Health of the Chuvash Republic). URL: <https://kanash-mmrc.med.cap.ru/about/filial-yantikovskaya-centraljnaya-rajonnaya-boljni/istoriya> (access date: 06.01.2025) (in Russian)
7. Zelenyuk, Yu.M. (2019). Prostranstvennyj faktor v organizacii medicinskogo obsluzhivaniya naseleniya Irkutskoj oblasti (The spatial factor in the organization of medical services for the population of the Irkutsk Region). *Izvestiya of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. Iss. 28. Pp. 48–61. DOI 10.26516/2073-3402.2019.28.48 (in Russian)
8. Zelenyuk, Yu.M., Mihajlova, E.S. (2020). Territorial'naya organizaciya social'noj infrastruktury sel'skikh poselenij (na primere Zalarinskogo rajona Irkutskoj oblasti) (Territorial organization of rural settlements' social infrastructure (using the example of the Zalarinsky District of the Irkutsk Region)). *Izvestiya of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. Iss. 31. Pp. 16–25 (in Russian)
9. Krylov, P.M. (2017). Rol' transportnoj infrastruktury v ustojchivom razviti i territorial'nom planirovani regiona (transportno-geograficheskij aspekt) (The Role of Transport Infrastructure in Sustainable Development and Territorial Planning of the Region (Transport and Geographical Aspects)). *Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences*. No. 2. Pp. 50–58 (in Russian)
10. Malhazova, S.M. (2005). Tendencii razvitiya medicinskoy geografii (Trends in the development of medical geography). *Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Geography*. No 2. Pp. 28–34.
11. Matematicheskie metody v geografii (Mathematical methods in geography): ucheb. posobie / Yu.R. Arhipov, N.I. Blazhko, S.V. Grigor'ev [i dr.]; Ucheb. posobie dlya geogr. fak. un-tov, Kaz. gos. un-ta. Kazan': Iz-vo Kazan. un-ta, 1976 (in Russian)
12. Mikalyuchika, L.B., Pokshishevskij, V.V. (1972). Kartograficheskoe izuchenie geografii medicinskogo obsluzhivaniya sel'skogo naseleniya (Mapping the Geography of Rural Health Care). *Geography of the service sector. Geography issues*. Moscow: Mysl' Publ. Iss.91. Pp.145–157 (in Russian)
13. MKB 10 - Mezhdunarodnaya klassifikaciya boleznej 10-go peresmotra (International Classification of Diseases, 10th Revision). URL: <https://mkb-10.com> (access date: 28.08.2024) (in Russian)
14. Murav'eva, V.N., Maksimenko, L.L., Hripunova, A.A. (2017). Organizaciya medicinskogo pomoshchi v Rossijskoj Federacii (Organization of medical care in the Russian Federation): ucheb. – metod. posobie Stavropol': Izd-vo StGMU (in Russian)
15. Statisticheskij ezhegodnik Chuvashskoj Respubliki (Statistical Yearbook of the Chuvash Republic) (2024). Stat. sb. / Chuvashstat. Cheboksary (in Russian)
16. Federal'nyj zakon «Ob osnovah ohrany zdorov'ya grazhdan v Rossijskoj Federacii» ot 21.11.2011 №323-FZ (posl. red.) (Federal Law 'On the Fundamentals of Protecting the Health of Citizens in the Russian Federation' dated November 21, 2011, No. 323-FZ). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (access date: 28.08.2024) (in Russian)
17. Chuvashiya v cifrah (Chuvashia in numbers) (2024). Krat. stat. sb. / Chuvashstat. Cheboksary (in Russian)
18. Sharygin, M.D., Subbotina T.V. (2015). Geograficheskoe obespechenie regional'noj social'no-ekologicheskoy politiki (Geographical support for regional socio-ecological policy). *Geographical Bulletin*. No.2(33). Pp. 11–16. EDN UHUGMT (in Russian).
19. Brown T., McLafferty S., Moon G. A Companion to Health and Medical Geography // Wiley-Blackwell. 2009. 640 p.
20. Franco C.M., Lima J.G., Giovanella L. 2021. Primary healthcare in rural areas: access, organization, and health workforce in an integrative literature review. *Cad Saude Publica*. 2021 Jul 7;37(7):e00310520. English, Portuguese. doi: 10.1590/0102-311X00310520. PMID: 34259752.
21. Gellert G. A. The importance of quality of life research for health care reform in the USA and the future of public health // *Quality of Life Research*. 1993. Vol. 2. P. 357–361.
22. Gizaw Z., Astale T., Kassie G.M. 2022. What improves access to primary healthcare services in rural communities? A systematic review. *BMC Prim. Care* 23, 313. <https://doi.org/10.1186/s12875-022-01919-0>
23. Meade M. S., Emch M. Medical Geography // Guilford. 2010. 529 p.
24. Moskvicheva M. G., Polinov M. M. 2021. Analysis of the primary health care state for the rural population at the regional level. *Ural Medical Journal*. 2021; 20(1):50-57. (In Russ.) <https://doi.org/10.52420/2071-5943-2021-20-1-50-57>
25. Oshkordina A., Goncharova N., Makarova E., Esina E. 2024. Organization of primary health care as a factor in the effective development of rural areas. *E3S Web of Conferences* 09006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453709006537>

Экономическая, социальная и политическая география
Харитонов А.Ю., Никонорова И.В., Харитонов А.Ю.

Статья поступила в редакцию: 16.01.25, одобрена после рецензирования: 08.04.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 16 January 2025; approved after review: 8 April 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Андрей Юрьевич Харитонов

Ассистент, кафедра природопользования и геоэкологии, историко-географический факультет, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова; 428000, Россия, г. Чебоксары, Московский пр-т, 15

e-mail: andreykh97@mail.ru

Инна Витальевна Никонорова

Кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой физической географии и геоморфологии, историко-географический факультет, Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова; 428000, Россия, г. Чебоксары, Московский пр-т, 15

e-mail: niko-inna@yandex.ru

Александр Юрьевич Харитонов

Магистрант, кафедра картографии и геоинформатики, Института управления, экономики и финансов, Казанский (Приволжский) федеральный университет; 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлёвская, 18

e-mail: ComradeAlexander@yandex.ru

Information about the authors

Andrey Yu. Kharitonov

Assistant Professor, Department of Nature Management and Geoecology, Faculty of History and Geography, N.I. Ulyanov Chuvash State University;

15, Moskovsky prospekt, Cheboksary, 428000, Russia

Inna V. Nikonorova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Geography and Geomorphology, Faculty of History and Geography, N.I. Ulyanov Chuvash State University;

15, Moskovsky prospekt, Cheboksary, 428000, Russia

Alexander Yu. Kharitonov

Master's student, Department of Cartography and Geoinformatics, Institute of Management, Economics, and Finance, Kazan (Volga Region) Federal University; 18, Kremljovskaya st, Kazan, 420008, Russia

Вклад авторов

Харитонов А.Ю. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, редактирование карт.
Никонорова И.В. – сбор материала, научное редактирование текста.

Харитонов А.Ю. – работа с ГИС, создание карт.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Andrey Yu. Kharitonov – the idea; material collection and processing; writing of the article; editing of the maps.

Inna V. Nikonorova – material collection; scientific editing of the text.

Alexander Yu. Kharitonov – GIS operations; creation of the maps.

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

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

Научная статья

УДК 911.7

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-60-74

EDN: IVXMOW



ПРИГОРОДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА КАК ОБЪЕКТ ОБЩЕСТВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Василий Львович Мартынов¹, Татьяна Александровна Андреева², Ольга Евгеньевна Васильева³, Михаил Юрьевич Демидионов⁴, Ирина Евгеньевна Сазонова⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ lwowich@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7741-1719

² chippo_@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5699-8389

³ vasilyeva.o.e@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7779-8861

⁴ demidionovforwork@gmail.com, ORCID: 0009-0009-6853-319X

⁵ iesazonova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3456-1223

Аннотация. Пригородная зона Санкт-Петербурга – вторая по размерам пригородная зона страны после Москвы и самая сложная по своей структуре в России. Ее изучение имеет как теоретическое, так и практическое значение. Теоретическое значение связано с тем, что до настоящего времени опыт активно идущей в России субурбанизации не получил своего теоретического обобщения, равно как и не нашел объяснения с применением какой-либо модели пространственного развития общества. Практическое значение определяется необходимостью регулирования развития пригородов, происходящего с обеих сторон границы Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Наиболее подходящей для объяснения процессов пространственной трансформации пригородной зоны С.-Петербурга представляется концепция «кольцевых структур». Исходя из этой концепции, пространственная структура общества представляет собой сочетание активных (центральной, радиальных, краевой) и пассивных зон (внутренней и внешней). Центральная активная зона не меняет своего местоположения, развитие происходит главным образом за счет краевой и радиальных активных зон. Трансформация пригородной зоны Санкт-Петербурга с помощью этой модели находит логически непротиворечивое объяснение.

Основными факторами, определяющими формирование радиальных активных зон, являются пути сообщения. Центральными условиями, ограничивающими развитие кольцевых структур, являются природные. Все это ярко проявляется в развитии пригородной зоны Санкт-Петербурга. Основными методами, использованными в ходе исследования, были полевой и картографический, применение которых позволило получить новые научные и фактические данные, частью подтверждив, а частью опровергнув ранее полученные результаты других исследователей. Кроме этого, применялся статистический метод.

Выводы, полученные в ходе исследования, можно разделить на теоретические и практические. Теоретические выводы связаны с применением концепции кольцевых структур, использование которой дало возможность не только описать процессы развития пригородной зоны С.-Петербурга с точки зрения общественной географии, но и дать прогноз ее будущих изменений. Практические выводы сводятся к тому, что в пределах пригородной зоны С.-Петербурга следует восстановить статус «территорий Ленинградской области, подчиненных администрации Санкт-Петербурга», по крайней мере в планировочном отношении.

Ключевые слова: Санкт-Петербург, Ленинградская область, пригородная зона, планировочная структура

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке совместного проекта Российского научного фонда и Санкт-Петербургского научного фонда (проект № 23-27-10001) «Петербургские пригороды: природа и люди».

Благодарности. Авторы выражают признательность Д.В. Орженовскому, инженеру-исследователю лаборатории рационального природопользования РГПУ им. А.И. Герцена (С.-Петербург), за содействие в подготовке и составлении картографического материала.

Для цитирования: Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е. Пригороды Санкт-Петербурга как объект общественно-географических исследований // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 60–74. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-60-74 EDN IVXMOW



© 2025 Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экономическая, социальная и политическая география**Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.**

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-60-74

EDN: IVXMOW

**SUBURBS OF ST. PETERSBURG AS AN OBJECT
OF SOCIO-GEOGRAPHICAL RESEARCH****Vasiliy L. Martynov¹, Tatiana A. Andreeva², Olga E. Vasil'yeva³, Mihail Yu. Demidionov⁴, Irina E. Sazonova⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia¹ martin-vas@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7741-1719² chippo_@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5699-8389³ vasilyeva.o.e@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7779-8861⁴ demidionovforwork@gmail.com, ORCID: 0009-0009-6853-319X⁵ iesazonova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3456-1223

Abstract. The suburban area of St. Petersburg is the second largest in the country after Moscow and the most complex in terms of its structure. Its study has both theoretical and practical significance. The theoretical significance is due to the fact that the experience of active suburbanization in Russia has not received theoretical generalization so far, nor has it found an explanation with the use of a particular model of the society's spatial development. The practical significance is determined by the need to regulate the development of suburbs, occurring on both sides of the border between St. Petersburg and the Leningrad Oblast (region).

The concept of 'ring structures', proposed more than twenty years ago, seems to be most suitable for explaining the processes of spatial transformation of St. Petersburg's suburban area. According to this concept, the spatial structure of society is a combination of active zones (central, radial, marginal) and passive ones (internal and external). The central core does not change its location; development mainly occurs due to the marginal and radial active zones. With this model employed, the transformation of the suburban area of St. Petersburg finds a logically consistent explanation.

The key factors determining the formation of radial active zones are communication routes. The main conditions limiting the development of ring structures are natural factors. All this is clearly manifested in the development of the suburban area of St. Petersburg. The main methods used in the course of the study were field and cartographic ones, which enabled us to obtain new scientific and factual data, partly confirming and partly refuting previous findings of other researchers. The statistical method was also applied.

The conclusions drawn during the study can also be divided into theoretical and practical ones. The theoretical conclusions are related to the application of the ring structures concept, which made it possible not only to describe the development processes of St. Petersburg's suburban area from the point of view of social geography, but also to predict its future changes. According to practical conclusions, within the suburban area of St. Petersburg, the status of 'territories of the Leningrad Oblast subordinate to the administration of St. Petersburg' should be restored, at least in terms of planning.

Keywords: Saint Petersburg, Leningrad Region, suburban area, planning structure

Funding: the research was carried out with the financial support of a joint project of the Russian Science Foundation and St. Petersburg Science Foundation 'St. Petersburg Suburbs: The Nature and People' (project No. 23-27-10001).

Acknowledgments: the authors express their gratitude to Denis Orzhenovsky, research engineer at the Laboratory of Rational Environmental Management of Herzen State Pedagogical University of Russia (St. Petersburg), for assistance in the preparation and compilation of the cartographic material.

For citation: Martynov, V.L., Andreeva, T.A., Vasil'yeva, O.E., Demidionov, M.Yu., Sazonova, I.E. (2025). Suburbs of St. Petersburg as an object of socio-geographical research. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 60–74. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-60-74 EDN: IVXMOW

Введение

Изучение пригородной зоны Санкт-Петербурга имеет как теоретическое, так и весьма существенное практическое значение. Теоретическое значение заключается в том, что до настоящего времени, насколько известно авторам, не разработано теоретической модели, которая позволяла бы не только описывать и систематизировать процессы формирования пригородных зон, но и прогнозировать их вероятные будущие изменения. Для разработки такого рода модели Санкт-Петербург, где процессы формирования пригородной зоны начались значительно раньше, чем в большинстве других городов России, подходит очень хорошо.

Во-первых, пригородная зона Санкт-Петербурга формируется вдоль административной границы Санкт-Петербурга и Ленинградской области, соответственно, в ее пределах происходит пространственное взаимодействие субъектов Федерации.

Во-вторых, пригородная зона Санкт-Петербурга в экономико-географическом отношении едина, а в административном – разделена. Экономико-географическое единство пригородной зоны является главной причиной того, что планировочная деятельность должна осуществляться единовременно и однообразно по обе стороны этой административной границы.

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

Целью исследования является выявление основных пространственных тенденций и закономерностей формирования пригородной зоны Санкт-Петербурга.

Объектом исследования является пригородная зона Санкт-Петербурга.

Предмет исследования – основные пространственные тенденции формирования и развития этой пригородной зоны.

Материалы и методы

Основными методами, которые применялись в ходе исследования, были полевой, картографический и статистический. Для геоурбанистических исследований, к которым относится и изучение пригородных зон, полевой метод, несомненно, должен быть одним из важнейших, между тем он используется явно недостаточно [38, 42]. При всем развитии современной навигационной техники, аэро- и космических снимков [26, 31, 39] именно исследования «на местности» позволяют увидеть и понять гораздо больше, чем это можно сделать дистанционно, просто изучая карты, снимки и т.д. [28].

Применение картографического метода, широко используемого в подобных исследованиях [41], заключалось, в частности, в разработке и апробации методики составления «природно-экономического профиля», отражающего особенности взаимодействия природной среды и систем расселения в пределах пригородной зоны С.-Петербурга.

Статистический метод традиционен для экономико-географических исследований, в данном случае он заключался в анализе статистических сведений, характеризующих населенные пункты пригородной зоны [25, 30, 36, 40].

Собранные при использовании всех упомянутых методов сведения обобщались, систематизировались и анализировались с применением разработанной одним из авторов данной статьи концепции кольцевых структур [11], первоначально названной автором концепцией коммуникационной среды [10]. Эта концепция, которую можно применять на разных пространственных уровнях, в том числе региональном и локальном, позволяет не только объяснять процессы трансформации пространственной структуры общества, но и прогнозировать ее будущие изменения. В качестве примера вполне удачного прогноза, разработанного на основе применения этой концепции, можно привести данный более двадцати лет назад прогноз пространственного развития зарубежной Европы.

Результаты

Основным положением концепции кольцевых структур, отличающим ее от концепций, построенных на использовании модели «центр – периферия», является утверждение, что наиболее динамичными частями пространственных структур, формирующихся в ходе развития общества, являются центр и окраины, в терминологии концепции кольцевых структур – центральная и краевая активные зоны, а также соединяющие их радиальные активные зоны (РАЗ). Центральная активная зона (ЦАЗ) отделяется от краевой активной зоны (КАЗ) внутренней пассивной зоной (ВПЗ). За внешними пределами КАЗ находится внешняя пассивная зона (ВНПЗ).

ЦАЗ, однажды возникнув, сохраняется в качестве таковой на протяжении длительного времени, переживая при этом постоянную трансформацию. Само же формирование ЦАЗ происходит под совместным воздействием природных и антропогенных факторов. Природные факторы определяют возможность возникновения ЦАЗ, антропогенные факторы – потребность в таком возникновении.

Кольцевые активные зоны начинают свое развитие непосредственно у ЦАЗ, со временем все более и более отдаляясь от нее. По мере продвижения внешней границы КАЗ от ЦАЗ в процесс развития вовлекаются территории, до этого входившие в состав внешней пассивной зоны (ВНПЗ). По мере продвижения вовне внутренней границы КАЗ территории, с которых она уходит, становятся внутренней пассивной зоной (ВПЗ), в пределы которой может расширяться ЦАЗ. Но ВПЗ для ЦАЗ является главным образом источником территориальных ресурсов, т.е. при поглощении ее ЦАЗ сама эта зона просто перестает существовать.

Взаимодействие между ЦАЗ и КАЗ, как уже говорилось выше, осуществляется с помощью радиальных активных зон (РАЗ). ЦАЗ словно «подталкивает» КАЗ к дальнейшему движению вовне, являясь своеобразным «двигателем» всей этой системы, а КАЗ через радиальные активные зоны обеспечивает ЦАЗ ресурсами, необходимыми для такого движения. Ресурсы, которыми обмениваются ЦАЗ и КАЗ, меняются по ходу общественного развития, но в общем случае КАЗ дают «материальные» ресурсы, а ЦАЗ – «информационные».

Но КАЗ не могут двигаться бесконечно. Основным фактором, ограничивающим возможность их дальнейшего движения, является природный. При этом общество может быстро достичь пределов своего пространственного развития, но потом очень долго «заполнять пространство». Краевые активные зоны со стороны ЦАЗ медленно продвигаются к тому природному пределу, за который они уже не смогут выйти. Так, на глобальном уровне контуры земной суши были определены еще в эпоху Великих географических открытий. Но реальное продвижение цивилизации к «окраинам мира» происходило главным образом на протяжении XX в.

Переходя от теории к практике, на примере пригородной зоны С.-Петербурга следует заметить, что ее «природные контуры» стали проявляться за несколько сотен лет до возникновения самого С.-Петербурга [18, 20]. В первой половине XVII в. формируется система расселения, окружающая Приневскую низменность, исходя из чего и саму эту систему расселения можно назвать Приневской. Центром освоения приневских земель в шведские времена становится располагавшийся при впадении Охты в Неву г. Ниен с защищавшей его крепостью Ниеншанц [21]. К северу от Приневской низменности границы Приневской системы расселения составляли реки Сестра, впадающая в Финский залив с севера, и Вьюн, текущий в Ладожское озеро, к югу – р. Стрелка, впадающая в Финский залив с юга, и р. Ижора – приток Невы.

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидонов М.Ю., Сазонова И.Е.

На окружавших этот город землях осталась часть русского населения, жившего здесь до начала XVII в., и сюда же переселялись крестьяне из Финляндии, впоследствии ставшие основой для нового этноса – финнов-ингерманландцев (финское название – *inkeri* [27]).

Наибольшей мощности эта система достигала в юго-западном направлении, поскольку, во-первых, территория к югу от Финского залива характеризуется благоприятными природными условиями, которые просто притягивали население с северного побережья этого же залива, во-вторых, здесь проходили дороги, связывавшие Ниен с Нарвой.

Подтверждением этому является в том числе и топонимика. Так, неподалеку от устья р. Чёрной, впадающей в Ижору в нижнем течении, находится дер. Ладога. Расположение деревни неподалеку от «главной реки», но в стороне от нее, сближает ее с широко известной Старой Ладогой (до XVIII в. просто Ладогой) при впадении в Волхов р. Ладожки, дер. Ладоги у р. Усвячи на водораздельном участке «пути из варяг в греки» и дер. Ладогой рядом с р. Клязьмой, «магистральном пути» раннего Средневековья между Окой и верхней Волгой, неподалеку от г. Владимира. Сходство названий вместе со сходством расположения позволяет уверенно выводить происхождение названия этих мест от шведского *ladugård* (произносится, примерно, как «ладуго»), означающего «амбар, овин, сарай». Амбарами в русском языке ранее именовались не только амбары в современном понимании этого слова, но и разного рода склады [13]. Видимо, во всех «Ладогах» и на Ладожке были склады товаров, которые накапливались здесь, например, между навигациями. Отходя от темы статьи, можно заметить, что в этом случае легко объяснимо место Невской битвы 1240 г. при устье р. Ижоры.

Характерной особенностью системы расселения здесь была и остается ее зависимость от дренированности территории. Относительно сухая территория протягивается вдоль берега Финского залива, далее двумя уступами поднимаясь резко вверх (Балтийско-Ладожский глинт, происхождение которого не вполне понятно [9]), переходя в почти «идеальную однородную равнину», понижающуюся в направлении «запад – восток».

К северу от Финского залива зависимость системы расселения от рельефа проявлялась и проявляется еще ярче, чем к югу. Здесь так же, как и на юге, относительно сухим является побережье Финского залива, сменяющееся чередованием заболоченных и холмистых территорий с большим количеством озер. Поселения размещались главным образом на возвышенностях. В силу природных особенностей этой территории изменить характер системы расселения здесь очень сложно, почти невозможно. Большую часть ныне существующих населенных пунктов можно обнаружить на шведских картах XVIII в. [19].

В XVIII в. с основанием Санкт-Петербурга, в экономическом отношении бывшего прямым продолжением шведского Ниена, начинается трансформация окружающего город пространства. Основываются загородные царские резиденции, располагавшиеся на главных дорогах на примерно одинаковом расстоянии от Санкт-Петербурга – около тридцати верст, т.е. дневного конного перехода. Наиболее «богатой» на загородные резиденции была дорога, проходившая прямо по южному берегу Финского залива и соединявшая С.-Петербург с Нарвой, далее с Ригой и зарубежной Европой [3].

Процесс развития самого С.-Петербурга в XVIII в. имел сложный, а местами и противоречивый характер. При Анне Иоанновне город начинает развиваться на левом берегу Невы. Функции центральной активной зоны (ЦАЗ) начинает выполнять обширная территория, окружавшая с трех сторон Адмиралтейство и представлявшая собой в то время одну огромную площадь, сейчас их три – Дворцовая, Исаакиевская, Сенатская. Проложенная при Анне Иоанновне Садовая улица соединяет главные дороги, расходящиеся от Санкт-Петербурга в южном направлении. Между Садовой улицей и р. Фонтанкой по обоим ее берегам начинает формироваться краевая активная зона (КАЗ).

В первой половине XIX в. центральная активная зона (ЦАЗ) остается на прежнем месте – примерно там же она находится и сейчас. Краевая активная зона (КАЗ) в южной части С.-Петербурга постепенно смещается от Фонтанки к Обводному каналу и вверх по Неве. Функции радиальных активных зон (РАЗ) выполняют главные улицы города – Невский проспект, Гороховая улица, Вознесенский проспект, Старо-Петергофский проспект. Расстояние, отделявшее центральную активную зону от краевой активной зоны, было очень небольшим – в пределах 2–2,5 км.

Ситуация начинает коренным образом меняться в 70–80-е гг. XIX в. Это было связано с двумя основными обстоятельствами. Во-первых, в С.-Петербурге появляется общественный транспорт, первоначально представленный линиями омнибусов, затем конно-железных дорог (конки). Во-вторых, с началом активного железнодорожного строительства на примыкающих к железным дорогам территориях начинают формироваться дачные пригороды, ставшие неотъемлемой частью жизни С.-Петербурга до 1917 г. С этого времени железные дороги в С.-Петербурге, как и в других крупных городах тогдашнего мира, становятся «осями субурбанизации».

В системе расселения пригородных территорий тогдашнего С.-Петербурга появляется новый элемент – дачные поселения. Первой железной дорогой, вдоль которой создаются такого рода поселения, становится Финляндская железная дорога [15]. Вторым по значимости дачным направлением было восточное. Здесь формируются дачные поселения вдоль линии Ириновской железной дороги [11].

С увеличением скорости движения транспорта смещаются границы пригородной зоны в полном соответствии с концепцией кольцевых структур, перемещающихся от центра к внешним границам Приневской системы расселения. Процесс развития пригородной зоны в XX – первой четверти XXI вв. отражен на рис. 1, представляющем собой природно-экономический профиль по направлению Грузино – Гатчина, проходящий через всю нынешнюю территорию пригородной зоны С.-Петербурга, которая включает сам С.-Петербург.

Экономическая, социальная и политическая география
Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

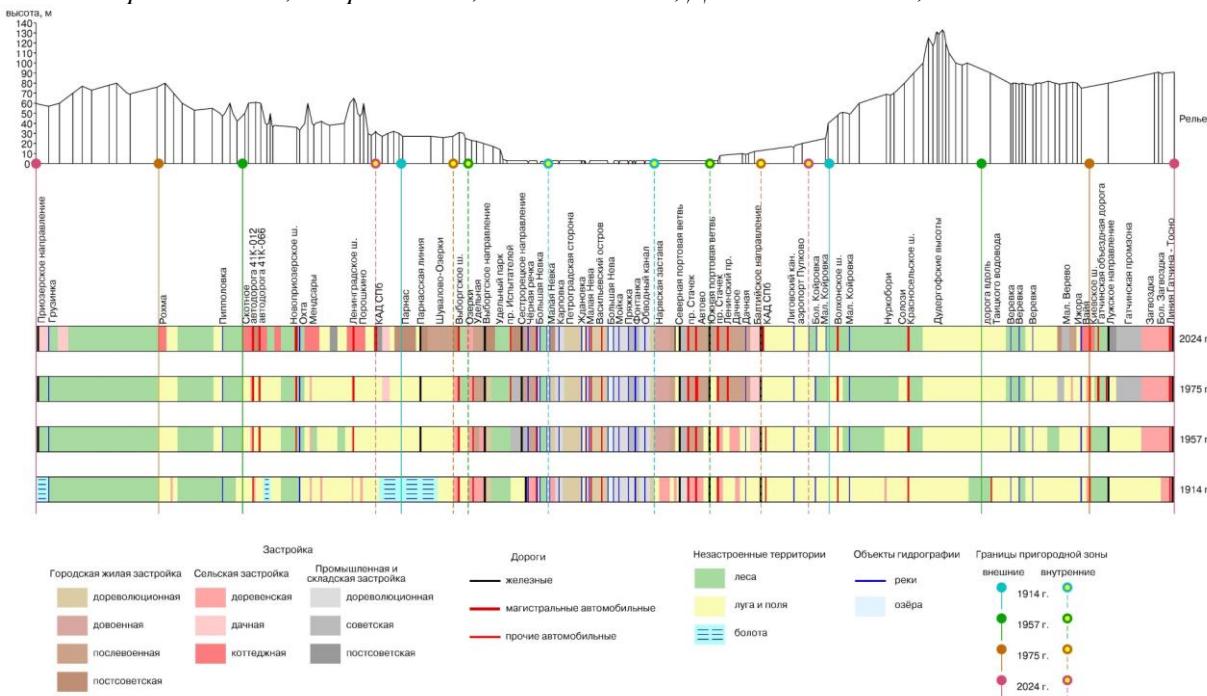


Рис. 1. Природно-экономический профиль по направлению Грузино – Гатчина в 1914–2024 гг., с указанием границ пригородной зоны соответствующих лет (с)
 профиль: Т.А. Андреева, Д.А. Орженовский (2024)

Fig. 1. The natural and economic profile in the direction of Gruzino – Gatchina in 1914-2024,
 with the indication of the suburban area boundaries of the corresponding years,
 profile: T. A. Andreeva, D. A. Orzhenovsky (2024)

Внутренняя граница пригородной зоны примерно соответствует сорокаминутной изохроне, а внешняя граница – двухчасовой [2]. Эти границы определяются исходя из средней скорости движения преобладающих видов транспорта (рис. 2).

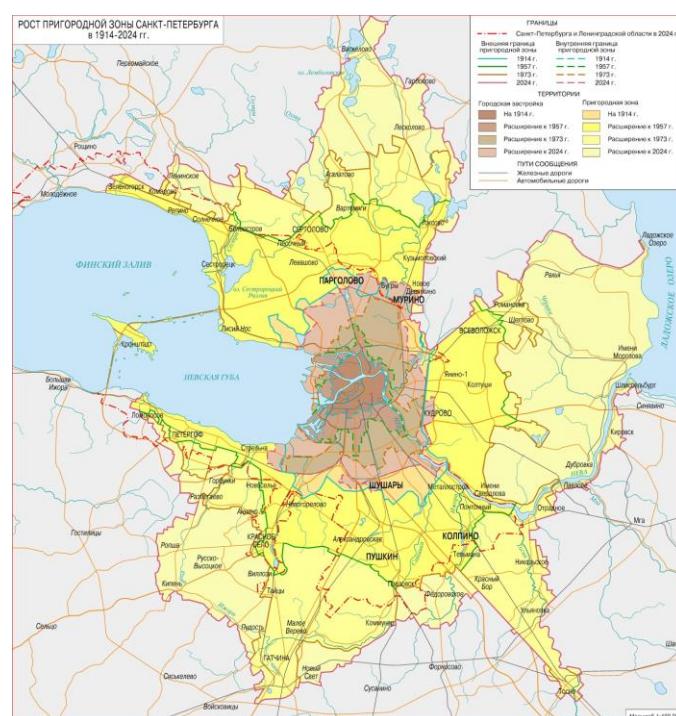


Рис. 2. Рост пригородной зоны С.-Петербурга в 1914–2024 гг.,
 карта: Т.А. Андреева, Д.В. Орженовский, (2024)
 Fig. 2. The growth of the suburban area of St. Petersburg in 1914–2024,
 map: T. A. Andreeva, D. V. Orzhenovsky (2024)

Экономическая, социальная и политическая география
Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

Соответственно, менялась площадь пригородной зоны (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Площадь пригородной зоны С.-Петербурга в 1914–2024 гг.
The area of the suburban zone of St. Petersburg in 1914–2024

Площадь, кв. км				
Год	Пригородная зона	Городская застройка	Прирост пригородной зоны	Прирост городской застройки
1914	570	62	—	—
1957	1707	146	1137	84
1975	2539	302	832	156
2024	3910	497	1371	195

Поскольку трамвай в С.-Петербурге появился лишь в 1907 г., можно считать, что город 1914 г. – это еще город конки. Средняя скорость движения конки примерно 8 км/ч, соответственно, внутренняя граница пригородной зоны проходила примерно в 5 км от центра города (Казанская площадь, Невский проспект у Казанского собора), внешняя граница – примерно в 16 км. Если рассматривать территории к северу от Невы, то внутренняя граница пригородной зоны проходила у железнодорожной станции Ланская, а внешняя граница – у станции Шувалово.

В развитии пригородного железнодорожного сообщения С.-Петербург опережал не только все остальные города России, но и большинство городов мира. Так, здесь было начато строительство первой в России чисто пригородной железнодорожной линии, которая называлась «Оранэла» и должна была соединить С.-Петербург – Петроград с Ораниенбаумом [23]. После революции большая часть этой линии была разобрана.

После революции и Гражданской войны пространственное развитие пригородной зоны Петрограда – Ленинграда резко замедлилось, что было связано с примерно трехкратным сокращением численности населения «северной столицы» в 1917–1920 гг. и последующим ее восстановлением, но на совершенно иной пространственной основе. Населенные пункты пригородной зоны, сформировавшиеся до революции как дачные поселения, продолжали свое существование, но не более того – их рост прекратился. Во время Великой Отечественной войны часть пригородной зоны к югу от Финского залива и Невы, оказавшаяся под германской оккупацией, была очень сильно разрушена. Но та ее часть, которая располагалась к северу от Невы, сохранилась неплохо, поскольку там боевые действия с лета 1941 по лето 1944 г. практически не велись.

Возобновляется развитие пригородной зоны, как и Ленинграда в целом, с середины 50-х гг. Это время – расцвет трамваев, когда они были основным видом городского пассажирского транспорта. Средняя скорость движения трамвая того времени – примерно 15 км/ч. Соответственно, внутренняя граница пригородной зоны проходила примерно в 10 км от центра города, внешняя – примерно в 30 км. С этого времени начинается «втягивание» бывших городов Дворцового ведомства – Петергофа, Пушкина, Павловска – в пригородную зону Ленинграда. То же самое относится к другим городам и прочим населенным пунктам, расположенным в новых границах пригородной зоны (к югу от Ленинграда – Красное Село и Колпино, к северу – Парголово, к северо-западу – Сестрорецк, Зеленогорск и др.). За пределами «зоны трамваев» главным видом транспорта продолжали оставаться пригородные железные дороги. В практическом отношении трансформация границ пригородной зоны проявляется главным образом в расширении пределов «территорий Ленинградской области, подчиненных Ленинградскому городскому совету депутатов трудящихся».

К 70-м годам XX в. главным видом городского пассажирского транспорта становится автобус. Средняя скорость движения городского и пригородного автобуса – 25 км/ч, соответственно, внутренняя граница пригородной зоны проходит примерно в 17 км от центра города, внешняя – примерно в 50 км. В пределах пригородной зоны в это время, во-первых, ведется активная многоэтажная жилая застройка, во-вторых, создаются многочисленные «садоводческие товарищества» [37], число которых возрастает по мере приближения к внешней границе пригородной зоны. Так, на Восточно-Выборгском шоссе «сгусток» таких поселений формируется между 40 и 50 км, где до 1940 г. проходила граница СССР и Финляндии. В это время наряду с пригородными железными дорогами функции «магистрального» вида пригородного транспорта приобретают автобусы. Создается новое магистральное направление развития пригородной зоны – на восток вдоль Мурманского шоссе.

В 90-е годы XX в. пригородная зона вместе с С.-Петербургом «замирает» в своем развитии, но «отложенный рост» ярко проявился в первые десятилетия XXI в., когда пригородная зона С.-Петербурга становится самой динамично развивающейся частью Северо-Запада [29]. В это время основным видом городского пассажирского транспорта является метрополитен. Одновременно с этим резко возрастают темпы автомобилизации, и впервые в нашей истории личный автомобиль действительно становится «не роскошью, а средством передвижения».

Средняя скорость движения поезда метро, как и автомобиля, в условиях городов и пригородов – 30 км/ч. Соответственно, внутренняя граница пригородной зоны в современных условиях проходит примерно в 20 км от

Экономическая, социальная и политическая география**Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.**

центра города, внешняя – примерно в 60 км, достигая пределов Приневской системы расселения, начавшей формироваться еще в XVII в. (рис. 2). Ожидать дальнейшего смещения как внутренней, так и внешней границы пригородной зоны в пределах прогнозируемого будущего не стоит, так как этому препятствуют оба ключевых фактора ее формирования и развития – транспортный и природный.

Существующие виды транспорта практически исчерпали возможности наращивания скорости передвижения. Так, скорость движения обычных пригородных поездов не менялась с 70-х гг. XX в. Пригородное скоростное железнодорожное сообщение имеет смысл при расстояниях больше 100 км, когда его использование дает существенную экономию во времени главным образом благодаря отсутствию остановок. При расстояниях в 60 км и менее эти поезда бесполезны, поскольку смысл пригородного сообщения здесь именно в том, чтобы обеспечить связь населения пригородной зоны с главным городом, соответственно, остановок должно быть много. При этом в первые десятилетия XXI в. пригородные железные дороги утратили функции главных осей расселения в пригородной зоне [16, 22] которые перешли к автомобильным дорогам. Опросы населения пригородной зоны, проведенные авторами данной статьи в 2023–2024 гг., показали, что пригородными электропоездами для поездок в С.-Петербурге пользуется 22 % опрошенных, личным автомобилем – 32 %, автобусом – 35 %, соответственно, на долю автомобильного транспорта приходится примерно 2/3 сообщений между С.-Петербургом и населенными пунктами пригородной зоны (10 % опрошенных ответили, что используют другие виды транспорта или не дали ответа). Интенсивность движения пригородных поездов по линиям С.-Петербургского пригородного узла за постсоветское время сокращается более чем вдвое [1].

Часть пригородной зоны, с которой отступает вовне ее внутренняя граница, становится собственно г. Санкт-Петербургом. Многоэтажные жилые районы, расположенные как в пределах Санкт-Петербурга, так и Ленинградской области, постепенно смыкаются между собой в полном соответствии с концепцией кольцевых структур. Можно уверенно прогнозировать, что это смыкание будет продолжаться и в пределах ближайших десятилетий до тех пор, пока свободных территорий здесь не останется. Исходя из этого, требуется теснейшая координация пространственного развития пригородной зоны между С.-Петербургом и Ленинградской областью, отсутствие которой уже привело к хаотичности в развитии пригородов [17].

В ходе формирования пригородной зоны прослеживаются различия между северной и южной ее частями.

Характерной особенностью южной части пригородной зоны является большая роль «аптаунов» (uptown – верхний город, в противоположность «даунтауну», downtown – центру системы расселения), если следовать американской экономико-географической терминологии [12], т.е. старых городов, когда-то имевших самостоятельное значение, а затем «втянутых» в состав пригородной зоны по мере ее пространственного развития. В качестве «аптаунов» можно рассматривать Ломоносов (Ораниенбаум), Петергоф (Петродворец) [32], Красное Село, Гатчину. На рисунке 3 отражены особенности формирования пригородных территорий в районе Петергофа (входит в состав С.-Петербурга) (I) и Гатчины (входит в состав Ленинградской области) (II).

Очевидно, что как Петергоф, так и Гатчина, входя в состав пригородной зоны С.-Петербурга и будучи частью краевой активной зоны (КАЗ), продолжают оставаться центром собственной «локальной» системы расселения, формируя свою собственную пригородную зону, которая в целом опирается на уже существующую систему населенных мест.

В Петергофе функции центральной активной зоны выполняет территория, примыкающая с юга к Верхнему саду. Краевые активные зоны (КАЗ) отделены от ЦАЗ обширными парковыми территориями, сформировавшимися еще в XIX в. При этом следует иметь в виду, что планировочная структура нынешнего Петергофа оформилась после Великой Отечественной войны, в ходе которой город был разрушен практически полностью.

В Гатчине функции центральной активной зоны принадлежат части города, примыкающей к Гатчинскому дворцу с востока (старая часть Гатчины, Гатчина – Варшавская), внутренней пассивной зоной является Гатчинский парк, и к западу от него развивается краевая активная зона (район Аэродром с окрестностями). К востоку от Гатчины Варшавской функции внутренней пассивной зоны выполняет промзона, «окаймленная» районами новой и новейшей многоэтажной застройки, а также частной застройки 50–60-х гг.

Особенностью окрестностей Гатчины, как и вообще юго-западной части пригородной зоны С.-Петербурга, является то, что значение природных факторов, лимитирующих систему расселения, здесь относительно невелико – вся эта территория представляет собой «антропогенную лесостепь», распаханную финнами-ингерманландцами еще в XVII в. В целом для южных пригородов характерна периурбанизация [35], т.е. рост уже существующих поселений с последующим заполнением пространства между ними. Более того, для «аптаунов» в этой части пригородной зоны С.-Петербурга была свойственна субурбанизация по типу «десакоты» [34], т.е. создание вокруг них фактически сельских поселений, которые лишь в постсоветское время стали приобретать городские черты.

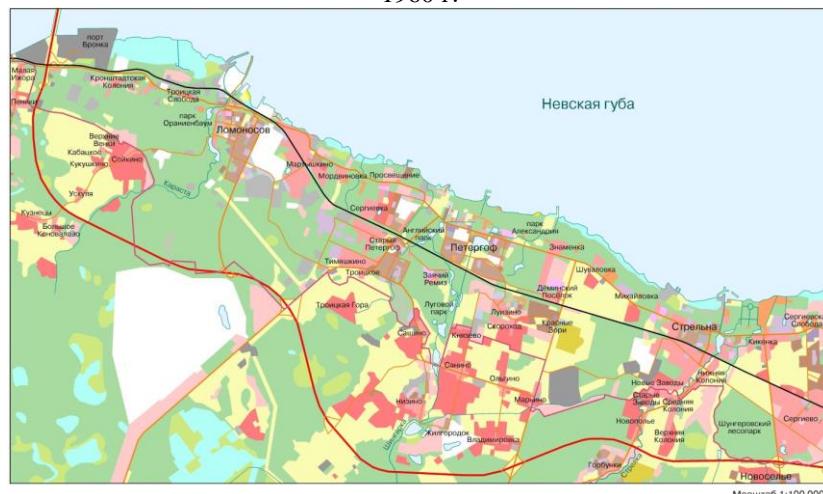
Экономическая, социальная и политическая география

Мартинов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

I) Петергоф

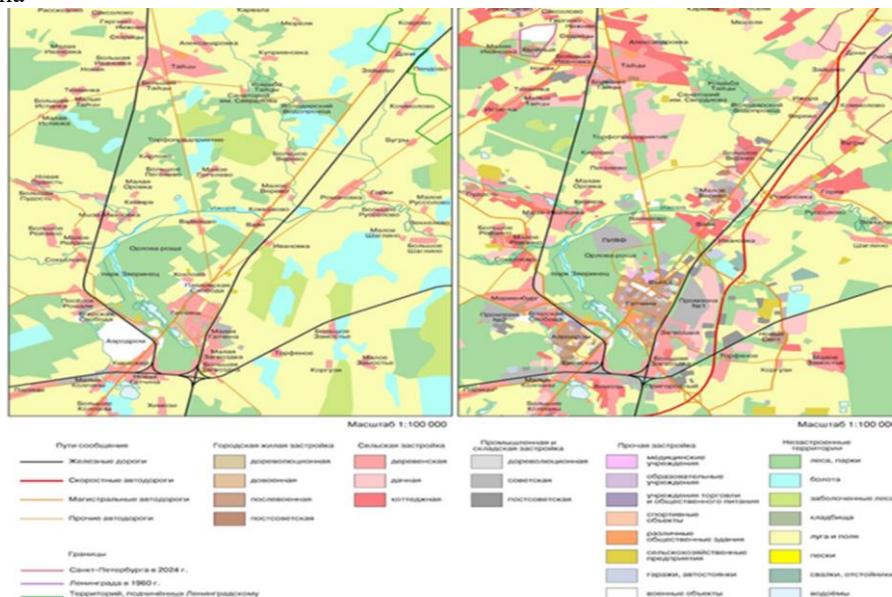


1960 г.



2024 г.

II) Гатчина



1960 г.

2024 г.

Рис. 3. Трансформация системы расселения в районе Петергофа и Гатчины в 1960 (слева) – 2024 (справа) гг., карта: Т.А. Андреева, Д.В. Орженовский (2024)

Fig. 3. Transformation of the settlement system in the Peterhof and Gatchina area in 1960 (left) – 2024 (right), map: T.A. Andreeva, D.V. Orzhenovsky (2024)

Экономическая, социальная и политическая география

Мартинов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

В северной части пригородной зоны система расселения существенно отличается в силу большей расчлененности рельефа, а также того, что значительная площадь к северу от С.-Петербурга занята территориями Министерства обороны. Включение этих территорий «на бумаге» в состав Санкт-Петербургской агломерации (например, [8]), как это иногда делается, можно объяснить лишь незнанием реальной ситуации.

Однако в качестве положительных изменений в северной части пригородной зоны можно отметить фактическую передачу части земель Министерства обороны в «гражданский оборот» в г. Сертолово Ленинградской области, пос. Левашово и пос. Осиновая Роща в Санкт-Петербурге. Пос. Осиновая Роща с населением около 4,5 тыс. чел. благодаря этому вырос приблизительно в пять раз до примерно 20 тыс. чел., резко увеличились размеры и численность населения г. Сертолово, наименьшее воздействие эта передача оказала на Левашово. Левашово представляет собой территорию малоэтажной застройки, там нет даже пятиэтажных зданий, не говоря уже о более высоких, что объясняется существованием аэродрома военно-транспортной авиации «Левашово», ставшего ныне аэропортом с тем же названием и используемым для нужд «Газпрома». То, что некоторые исследователи, опираясь на космические снимки, относят пос. Левашово и примыкающий к нему пос. Новосёлки к числу наиболее быстро урбанизируемых территорий Ленинграда – С.-Петербурга последних десятилетий [7], может быть объяснено только ошибкой дешифрирования – огромная городская свалка, десятки лет (с 1972 до 2018 г.) располагавшаяся в этой местности, на космоснимке была принята ими за жилую застройку.

Фактором, осложняющим трансформацию системы расселения к северу от С.-Петербурга, является также рельеф, характеризующийся чередованием холмистых и заболоченных территорий (рис. 4).

Формирование пригородной зоны к северу от С.-Петербурга происходит иначе, чем к югу. «Алтайов», на которые опирается система расселения южных пригородов, здесь нет. Города, расположенные к северу от С.-Петербурга, собственных, ориентированных на них локальных систем расселения не образуют.

Фактически самое крупное городское поселение здесь, при этом не имеющее статуса такового, это район массовой жилой застройки «Северная Долина» у станции метро «Парнас», формально являющейся частью муниципального образования «Парголово» (Выборгский район С.-Петербурга), фактически же представляющий собой город с населением около 100 тыс. чел. При этом «Северная Долина», которую гораздо чаще собственно и называют «Парнасом», представляет собой часть системы переходящих друг в друга трех «гринфилдов», т.е. городов, построенных «в чистом поле» (greenfield – буквально «зеленый луг», в американской экономико-географической терминологии – город, построенный на месте, где до этого ничего не существовало [24]), протягивающихся между железнодорожными дорогами С.-Петербург – Выборг и С.-Петербург – Приозерск вдоль соединительной железнодорожной ветки Парголово – Ручьи [5]. Два остальных «гринфилда» этой системы входят в состав Ленинградской области, имея официальный статус городов. Это Бугры и Мурино.

Над «гринфилдами», располагающимися на равнине, на камовых возвышенностях, окаймляющих северные окраины С.-Петербурга, в постсоветское время сформировались обширные районы «коттеджной застройки» [14]. Район «коттеджной застройки» в дер. Порошкино на Юкковской возвышенности представляет собой один из самых модных районов в окрестностях Санкт-Петербурга, ради него ликвидировали даже Юкковский мототрек, на котором проводились чемпионаты Европы по мотоциклетному спорту. К северу от малоэтажных районов располагаются города и поселки, где малоэтажная застройка в разной степени перемешана с многоэтажной застройкой, созданной как в советское, так и в постсоветское время (Сертолово, Агалатово, Вартемяги, Кузьмолово, Токсово). Эти поселения вне зависимости от их формального статуса (город или поселок) можно определить в качестве edge-city [34], «краевых городов», выполняющих функции центров для своей части пригородной зоны. В целом можно заметить, что к северу от С.-Петербурга фактически складывается огромный населенный пункт, части которого переходят одна в другую вдоль автомобильных дорог и принадлежат двум субъектам Федерации – С.-Петербургу и Ленинградской области. Если для южной части пригородной зоны характерна субурбанизация европейского типа, илиperiurbanization, то для северной части – субурбанизация американского типа [6], то есть главным образом застройка пустовавших до этого территорий.

Северная и южная части пригородной зоны С.-Петербурга, наряду с особенностями застройки и планировочной структуры, отличаются между собой и в социально-экономическом отношении (например, [4]), но этот вопрос нуждается в дополнительных исследованиях.

Восточная часть пригородной зоны, расположенная между С.-Петербургом и Ладожским озером, имеет более простую пространственную структуру, что связано с намного более поздним временем начала градостроительного освоения, чем на севере и особенно на юге. Ее западная часть, непосредственно примыкающая к С.-Петербургу, представляет собой продолжение системы «гринфилдов» (Кудрово), застроенных многоэтажными домами, восточная часть – «коттеджные поселки» в сочетании с уже существовавшими «садоводческими некоммерческими товариществами» и населенными пунктами (поселок им. Морозова, Ладожское Озеро и др.).

Экономическая, социальная и политическая география
Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

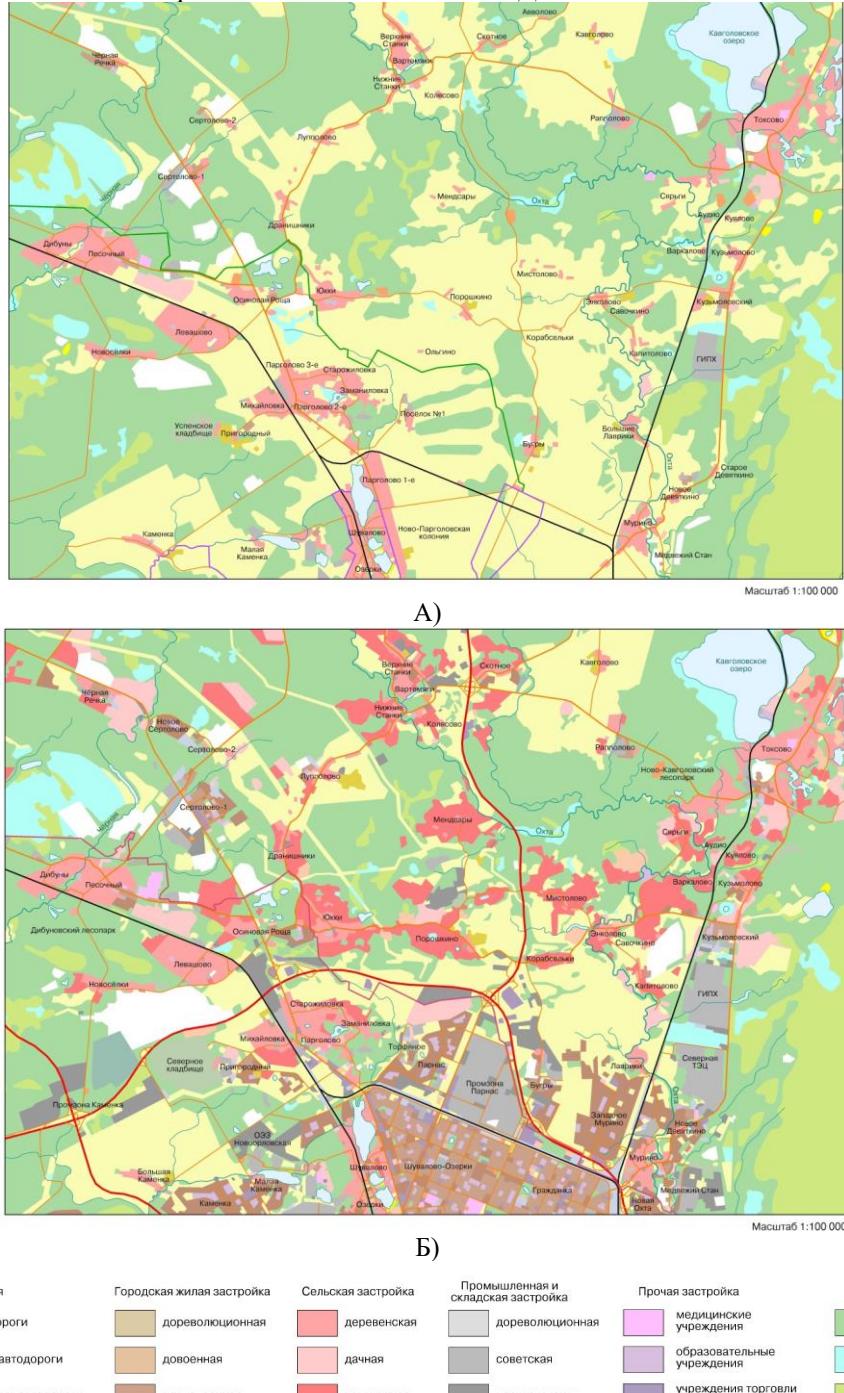


Рис. 4. Трансформация системы расселения в районе Парголово – Сертолово – Токсово в 1960 (А), 2024 (Б) гг. (с) карта; Т.А. Андreeва, Д.В. Оржевский, 2024

Fig. 4. Transformation of the settlement system in the Pargolovo – Sertolovo – Toksovo area in 1960 (A) – 2024 (B) map; T. A. Andreeva, D. V. Orzhenovsky, 2024

Наиболее простой пространственной структурой характеризуются части пригородной зоны, расположенные в юго-восточном направлении от С.-Петербурга. Они имеют четко выраженный линейный характер, расходясь по двум направлениям. Одно направление идет вдоль левого берега Невы и соответственно проходящей

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

здесь же автодороги, другое – по железной и автомобильной дорогам С.-Петербург – Москва. Левый берег Невы от Шлиссельбурга до С.-Петербурга застроен почти полностью (самое крупное исключение – Невский пятачок времен Великой Отечественной войны). Железная и автомобильная дороги от С.-Петербурга до Тосно также застроены очень плотно. Но между дорогой вдоль Невы и дорогой на Москву располагаются обширные болотные массивы, поэтому линейная структура пригородной зоны здесь существует на протяжении длительного времени и сохранится надолго.

Выводы

Пригородная зона Санкт-Петербурга – сложное гетерогенное пространственное образование, формировавшееся на протяжении нескольких столетий. Система населенных мест, послужившая основой для нынешней пригородной зоны, начала складываться в XVII в., когда главным городом на этой территории был шведский город Ниен, располагавшийся при впадении Охты в Неву. Во времена существования Ниена сформировались дороги, соединявшие его с Выборгом, Нарвой, Великим Новгородом. С основанием С.-Петербурга добавляется еще одна дорога между С.-Петербургом и Москвой, прошедшая напрямую через водораздельные равнины, а также дорога на Смоленск, впоследствии ставшая Варшавским, а затем Киевским шоссе.

Во второй половине XIX в. параллельно каждой из этих дорог прошли железные дороги, превратив их в «полимагистрали». Благодаря этим полимагистралям С.-Петербург становится одним из первых крупных городов мира, в котором начинаются процессы субурбанизации. Эти процессы хорошо объясняются с точки зрения концепции кольцевых структур. Сам С.-Петербург выполняет функции центральной активной зоны (ЦАЗ), расходящиеся от него «полимагистрали» – радиальных активных зон (РАЗ). От центральной активной зоны начинается продвижение вовне краевых активных зон (КАЗ).

К настоящему времени пригородная зона достигла максимально возможных размеров при использовании автомобильного и пригородного железнодорожного транспорта. Поскольку в пределах прогнозируемого будущего появление новых видов городского и пригородного пассажирского транспорта не просматривается, можно уверенно утверждать, что на ближайшие двадцать-тридцать лет внешние границы пригородной зоны кардинальным образом меняться не будут.

Дальнейшее пространственное развитие пригородной зоны на протяжении ближайших десятилетий будет заключаться главным образом в устраниении фрагментации краевой активной зоны (КАЗ). В связи с этим резко возрастает значение транспортных путей, соединяющих основные расходящиеся от С.-Петербурга полимагистрали. Факторами, существенно сдерживающими устранение фрагментации краевых активных зон к северу от С.-Петербурга, являются полигоны, принадлежащие Министерству обороны (Ржевский и Елизаветинский), к востоку от С.-Петербурга – заболоченные территории, к югу – сельскохозяйственные угодья, при этом последние являются наиболее легким препятствием.

С целью упорядочения пространственного развития пригородной зоны следует на всю ее территорию распространить действие документов, определяющих планирование и прогнозирование С.-Петербурга, в частности его Генерального плана. Для этого необходимо восстановить статус «территорий Ленинградской области, подчиненных администрации С.-Петербурга», существовавших до середины 90-х гг. ХХ в. Это требует изменения федерального законодательства, которое в настоящее время такого статуса не предполагает, но данного рода задача не представляется неразрешимой, поскольку проблема пригородов, единых в экономико-географическом отношении, но разделенных административно, подтверждается примером г. Южный, строительство которого уже началось между Витебской и Варшавской железнодорожными дорогами. Этот город должен включить в свой состав юг Пушкинского района Санкт-Петербурга и север Гатчинского района Ленинградской области. Как при этом он будет управляться, понять очень сложно.

Ныне существующим Генеральным планом Санкт-Петербурга устанавливается зона взаимовлияния Санкт-Петербурга и Ленинградской области, проходящая в 5 км от административной границы этих субъектов Федерации, она же – «зона применения единых расчетных показателей нормативов градостроительного проектирования Санкт-Петербурга и нормативов градостроительного проектирования Ленинградской области», т.е. территория в пределах 5 км от административной границы уже подчинена Санкт-Петербургу по крайней мере в планировочном отношении. Но установление границы «зоны взаимовлияния» в 5 км от административной границы не имеет смысла, поскольку «зона взаимовлияния» выступает фактическим дублером границы С.-Петербурга и Ленинградской области, только отодвинутым на 5 км. При этом для части границы С.-Петербурга и Ленинградской области – слишком много (например, там, где эта граница идет по лесам и болотам), для части – слишком мало (там, где эта граница проходит по улицам, одна сторона которых относится к С.-Петербургу, другая к Ленинградской области). Очевидно также, что если это взаимовлияния, т.е. в ее пределах должны сочетаться интересы как С.-Петербурга, так и Ленинградской области, то она должна иметь как внешнюю по отношению к С.-Петербургу границу, так и внутреннюю. Оптимальным для этих целей представляется использование внутренней и внешней границ пригородной зоны. Сама же пригородная зона, границы и состав которой изучались авторами в ходе исследований 2023–2024 гг., со всей очевидностью и представляет собой территорию взаимного влияния С.-Петербурга и Ленинградской области.

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

Библиографический список

1. Вакуленко С.П., Колин А.В., Роменский Д.Ю. [и др]. Санкт-Петербургский транспортный узел: перспективы развития // Российский университет транспорта РУТ (МИИТ). М.: Всероссийский институт научной и технической информации РАН. 2020. Ч. 1. 192 с. ISBN: 978-5-902928-87-4 EDN: UPYROQ
2. Дегусарова В.С., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Геодемографические особенности пригородной зоны Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2018. Т. 10, № 3. С. 19–40. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-3-2 EDN: YAACAH
3. Денисова Т.А. К вопросу о сохранении ландшафтно-архитектурных пейзажей, имеющих историческую ценность (Петергофская дорога) // Системные технологии. 2022. № 4 (45). С. 119–125. DOI: 10.55287/22275398_2022_4_119 EDN: QZJFLC
4. Житин Д.В. Социальная дифференциация в пригородной зоне Санкт-Петербурга // Настоящее и будущее России в меняющемся мире: общественно-географический анализ и прогноз: материалы международной научной конференции (XII Ежегодная научная Ассамблея АРГО), Ижевск, 13–18 сентября 2021 года. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. С. 440–449. EDN: EHLLHK
5. Крытский С.В. Развитие Ленинградского железнодорожного узла и подходов к нему в период Советско-Финской войны и после ее окончания (1939–1941) // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. № 3 (36). С. 147–152. EDN: RSKUHH
6. Кузнецов Д.В. Этапы субурбанизации в США // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2009. № 1. С. 136–140. EDN: KZVJGD
7. Лачининский С.С., Логвинов И.А., Васильева В.А. Оценка спрола городских территорий Санкт-Петербурга на основе спутниковых изображений Landsat // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. № 68 (3). С. 471–489. DOI: 10.21638/spbu07.2023.303 EDN: UIJZID
8. Лачининский С.С., Сорокин И.С., Максимович Н.В. Трансформация системы расселения Санкт-Петербургской агломерации в 2010–2020-е гг. // Географический вестник. 2023. № 3 (66). С. 41–53. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-3-41-53 EDN: XACMJE
9. Малаховский Д.Б., Грейсер Е.Л. Балтийско-Ладожский уступ // Геоморфология. 1987. № 1. С. 94–98.
10. Мартынов В.Л. Коммуникационная среда мира и общественное развитие // Мировая экономика и международные отношения. 2001. № 1. С. 27–33. DOI: 10.20542/0131-2227-2001-1-27-33
11. Мартынов В.Л. Пространственная самоорганизация общества: концепция кольцевых структур, возможности практического применения // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. 2002. № 2. С. 30–45.
12. Мартынов В.Л., Сазонова И.Е., Васильева О.Е., Греков И.М., Соколова Н.В. Антропогенные и природные факторы формирования границ пригородной зоны Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2024 Т. 16, № 2. С. 63–83. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-2-4 EDN: OHMUSK
13. Мартынов В.Л., Субетто Д.А., Брылkin В.В., Греков И.М., Кублицкий Ю.А., Орлов А.В., Сазонова И.Е., Соколова Н.В. К вопросу о существовании «пути из варяг в греки» // Балтийский регион. 2022. Т. 14, № 3. С. 4–27. DOI: 10.5922/2079-8555-2022-3-1 EDN: SFSSRAH
14. Махрова А.Г. Роль организованных коттеджных поселков в развитии субурбанизации в постсоветской России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 4. С. 49–59. EDN: SJAMV
15. Окладникова Е.А., Маркова О.А. Метапространство дачных ландшафтов северных окрестностей Петербурга конца XIX – начала XX веков // Научный результат. Серия Социальные и гуманитарные исследования. 2014. Т. 1, № 2 (2). С. 52–62. EDN: TJBRCI
16. Самбурова С.А. Типология зон тяготения пригородных станций Санкт-Петербургского железнодорожного узла // Псковский региональный журнал. 2024. Т. 20, № 3. С. 179–193. DOI: 10.37490/S221979310031840-7 EDN: HEHZTE
17. Свириденко М.В. Пространственное развитие муниципальных образований Ленинградской области, находящихся в зоне интенсивной урбанизации Санкт-Петербургской агломерации: основные тенденции и вызовы // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2020. № 1 (60). С. 69–76. EDN: GVLLKJ
18. Семенцов С.В. Градостроительное развитие территорий Приневья до основания Санкт-Петербурга: Водская Пятина и Ингерманландия // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2015. № 1. С. 145–163. EDN: TQMDEP
19. Семенцов С.В. Градостроительное развитие территорий Приневья до основания Санкт-Петербурга: освоение зоны дельты Невы в XVII веке // Вестник Санкт-Петербургского университета. Искусствоведение. 2015. № 2. С. 110–125. EDN: TZUCTJ
20. Семенцов С.В. Начало создания регулярной Санкт-Петербургской агломерации при Петре Первом // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 46–55. EDN: SJISLF
21. Сорокин П.Е. Крепость Ниеншанц в первой половине – середине XVII в. // Археологические вести. 2022. № 36. С. 244–263. DOI: 10.31600/1817-6976-2022-36-244-263 EDN: QYVNPI
22. Сюолинь Л., Анохин А.А., Шендрек А.В., Чунлян С. Изменения в пространственном распределении населения и дорожной сети Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2016. Т. 8, № 4. С. 53–77. DOI: 10.5922/2074-9848-2016-4-4 EDN: XDXSKH
23. Тархов С.А. Городской транспорт Российской Империи в годы Первой мировой войны // Экономический журнал. 2014. № 4 (36). С. 89–124. EDN: TMQPED
24. Delbosc A., Currie G., Nicholls L., Maller C. Social Transit as Mass Transit in Australian Suburban Greenfield Development // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. Vol. 2543. P. 62–71, DOI: 10.3141/2543-07
25. Dembski S., Sykes O., Couch C., Desjardins X., Evers D., Osterhage F., Siedentop S., Zimmerman K. Reurbanisation and suburbia in Northwest Europe: A comparative perspective on spatial trends and policy approaches // Progress in Planning. 2021. Vol. 150. P. 100462. DOI: 10.1016/j.progress.2019.100462 EDN: HBSMND
26. Deng Y., Wu C., Li M., Chen R. RNDSI: A ratio normalized difference soil index for remote sensing of urban/suburban environments // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2015. Vol. 39. P. 40–48. DOI: 10.1016/j.jag.2015.02.010
27. Dmitrijev A. V. Izhora, Inkeri, Ingermanland. Revisiting historical and toponymic correlations // Linguistica Uralica. 2016. Vol. 52, No. 3. P. 168–178. DOI: 10.3176/lu.2016.3.02 EDN: XFJSQX
28. Hanif A., Zakiri J.A., Mirzahi S., Asim G.M., Nadeem G.F. Analysis of contextual factors influencing the development of unplanned settlements: The case of Herat City, Afghanistan // City, Culture and Society. 2024. Vol. 39. P. 100607. DOI: 10.1016/j.ccs.2024.100607 EDN: VRXLEG
29. Kryukova O.V., Martynov V.L., Sazonova I.Y., Polyakova S.D. Main spatial problems of St. Petersburg // European Journal of Geography. 2016. Vol. 7, No. 2. P. 85–95. EDN: XFIHRT
30. Kubec J., Ouředníček M. Functional types of suburban settlements around two differently sized Czech cities // Cities. 2022. Vol. 127. P. 103742. DOI: 10.1016/j.cities.2022.103742 EDN: UNNLBS

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

31. Lin T., Cai J., Geng H., Zheng Y., Zeng Z., Zheng Y. Incorporating suburban cropland into urban green infrastructure: A perspective of nature-based solutions in China // Nature-Based Solutions. 2024. Vol. 5. P. 100122. DOI: 10.1016/j.nbsj.2024.100122 EDN: DYRCUL
32. Martynov V.L., Sazonova I.E. Spatial Development of the Petrodvortsovsky District of St Petersburg: Primary Trends and Problems // Baltic Region – The Region of Cooperation / Springer Nature Switzerland AG 2020. Cham: Springer, 2020. P. 251–258. DOI: 10.1007/978-3-030-14519-4_28 EDN: VRAFKC
33. McGee T.G. The Emergence of Desakota Regions in Asia: Expanding a Hypothesis // Brenner N. (ed.) Implosions / Explosions. 2021. P. 121–137. DOI: 10.1515/9783868598933-010
34. McKee D., McKee Y. Edge Cities and the Viability of Metropolitan Economies: Contributions to Flexibility and External Linkages by New Urban Service Environments // American Journal of Economics and Sociology. 2001. Vol. 60, No. 1. P. 171–184. DOI: 10.1111/1536-7150.00059 EDN: EUAYOZ
35. Mortska G., Yigitcanlar T. Why is determining peri-urban area boundaries critical for sustainable urban development? // Journal of Environmental Planning and Management. 2023. Vol. 66, No. 1. P. 67–96. DOI: 10.1080/09640568.2021.1978405 EDN: BJIBQI
36. Mou L., Li H., Rao Y. Identification and Spatial Characterization of suburban areas in Chengdu // Applied Geography. 2024. Vol. 172. P. 103428. DOI: 10.1016/j.apgeog.2024.103428 EDN: UZHEZB
37. Nefedova T.G., Treivish A.I. Dacha as a social and economic phenomenon and its role in rural development in Russia // Russian Journal of Economics. 2023. Vol. 9, No. 4. P. 371–385. DOI: 10.32609/j.ruje.9.112818 EDN: YZMEWY
38. Palang H., Peil T. Mapping future through the study of the past and present: Estonian suburbia // Futures. 2010. Vol. 42, Iss. 7. P. 700–710. DOI: 10.1016/j.futures.2010.04.007
39. Park K. Regreening suburbia: An analysis of urban greening approaches in U.S. sprawl retrofitting projects // Urban Forestry & Urban Greening. 2023. Vol. 88. P. 128092. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.128092 EDN: DTJZQB
40. Salvia R., Alhuseen A.M.A., Escrivà F., Salvati L., Quaranta G. Local development, metropolitan sustainability and the urbanization-suburbanization nexus in the Mediterranean region: A quantitative exercise // Habitat International. 2023. Vol. 140. P. 102909. DOI: 10.1016/j.habitatint.2023.102909 EDN: FOCBIV
41. Yang H., Wu R., Qiu B., Zhang Z., Hu T., Zou J., Wang H. The next step in suburban rural revitalization: Integrated whole-process landscape management linking ecosystem services and landscape characteristics // Ecological Indicators. 2024. Vol. 162. P. 111999. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111999 EDN: DIFQRY
42. Zheng Z.-W., Chou R.-J. Experiences in promoting the development of suburban edible landscapes through place branding: A case study from Xiamen City, China // Cities. 2024. Vol. 155. P. 105470. DOI: 10.1016/j.cities.2024.105470 EDN: NMQCBS

References

1. Vakulenko, S.P., Kolin, A.V., Romenskij, D.Yu., [et al.]. (2020) Sankt-Peterburgskij transportnyj uzel: perspektivy razvitiya (St. Petersburg transport hub: development prospects). *Rossijskij universitet transporta RUT (MIIT). Tom Chast' 1 (Russian University of Transport RUT (MIIT). Volume Part 1)*. Moscow: Vserossijskij institut nauchnoj i tekhnicheskoy informacii RAN, 192 p., ISBN 978-5-902928-87-4. EDN UPYROQ
2. Degusarova, V.V., Martynov, V.V. & Sazonova, I.I. (2018) Geodemography of the Saint Petersburg suburbs). *Baltic Region*, Vol. 10, No. 3, Pp. 19–40. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-3-2.
3. Denisova, T.A. (2022) K voprosu o sokhranenii landshaftno-arkhitekturnykh pejzazhej, imeyushchikh istoricheskuyu cennost' (Peterhofskaya doroga) (On the issue of preserving landscape and architectural landscapes of historical value (Peterhof road)). *System technologies*, 4(45), pp. 119–125. DOI: 10.55287/22275398_2022_4_119
4. Zhitin, D.V. (2021) Social'naya differenciaciya v prigorodnoj zone Sankt-Peterburga (Social stratification in the suburban region of St. Petersburg). *Nastoyashchee i budushchee Rossii v menyayushchemya Mire: obshchestvenno-geograficheskij analiz i prognoz: Materialy mezdunarodnoj nauchnoj konferencii (XII Ezhegodnaya nauchnaya Assambleya ARGO)*, Izhevsk, 13–18 sentyabrya 2021 goda. Izhevsk: Izdatel'skij centr "Udmurtskij universitet", Pp. 440–449.
5. Kritskij, S.V. (2013). Razvitie Leningradskogo zheleznodorozhного uzla i podkhodov k nemu v period Sovetsko-Finskoy vojny i posle ee okonchaniya (1939–1941) (The development of the Leningrad railway hub and its approaches during the Soviet-Finnish War and in the aftermath (1939–1941)). *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya*, 3 (36), Pp.147–152.
6. Kuznecov, D.V. (2009). Ehtapy suburbanizacii v SSHA (The stage of suburbanization in the United States), *Bulletin of St. Petersburg University. Earth Sciences*. No. 1. Pp. 136–140.
7. Lachininskij, S.S., Logvinov, I.A., Vasil'eva, V.A. (2023) Ocenka sprola gorodskikh territorij Sankt-Peterburga na osnove sputnikovykh izobrazhenij Landsat (Assessment of urban sprawl of St. Petersburg urban areas based on Landsat satellite images). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*, No. 68 (3), Pp. 471–489. DOI: 10.21638/spbu07.2023.303
8. Lachininskij, S.S., Sorokin, I.S., Maksimovich, N.V. (2023) Transformaciya sistemy rasseleniya Sankt-Peterburgskoj aglomeracii v 2010-2020-e gg (Transformation of the residential system of the St. Petersburg agglomeration in the 2010-2020) *Geographical Bulletin*, No. 3(66), Pp. 41–53. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-3-41-53
9. Malahovskij, D.B., Grejser, E.L. (1987) Baltijsko-Ladozhskij ustup (Baltijsko-Ladoga ledge). *Geomorphology*, No.1, Pp. 94–98.
10. Martynov, V.L. (2001) Kommunikacionnaya sreda mira i obshchestvennoe razvitiye (Global communication environment and social development). *Mirovaya ekonomika i mezdunarodnye otnosheniya*. No 1, Pp. 27–33. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-2-4
11. Martynov, V.L. (2002). Prostranstvennaya samoorganizaciya obshchestva: koncepciya kol'cevykh struktur, vozmozhnosti prakticheskogo primeneniya (Society spatial self-organization: the concept of ring structures and their practical application possibilities). *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo universiteta ekonomiki i finansov*, No 2. Pp. 30–45.
12. Martynov, V.L., Sazonova, I.E., Vasil'eva, O.E., Grekov, I.M., Sokolova, N.V. (2024) Antropogennye i prirodyne faktory formirovaniya granic prigorodnoj zony Sankt-Peterburga (Anthropogenic and natural factors shaping the boundaries of the St. Petersburg suburban area). *Baltic region*, 16(2). Pp. 63–83. DOI: 10.5922/2079-8555-2024-2-4.
13. Martynov, V.L., Subetto, D.A., Brylkin, V.V., Grekov, I.M., Kublickij, YU.A., Orlov, A.V., Sazonova, I.E., Sokolova, N.V. (2022) K voprosu o sushestvovanii "puti iz varyag v greki" (The 'Route from Varangians to the Greeks': truth or fiction). *Baltic region*, 14(3). Pp. 4–27. DOI: 10.5922/2079-8555-2022-3-1.
14. Mahrova, A.G. (2014) Rol' organizovannykh kottedzhnykh poselkov v razvitiu suburbanizacii v postsovetskoy Rossii (The Role of Organized Cottage Settlements in Suburbanization in Post-Soviet Russia"). *Izvestiya Rossijskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, No. 4, Pp. 49–59.
15. Okladnikova, E.A., Marova, O.A. (2014) Metaprostranstvo dachnykh landshaftov severnykh okrestnostej Peterburga konca XIX – nachala XX vekov (Metospace of suburban landscape of the northern environs of St. Petersburg in the late XIX-early XX centuries). *Nauchnyj rezul'tat. Seriya: Social'nye i gumanitarnye issledovaniya*, No. 1(2(2)), Pp. 52–62.

Экономическая, социальная и политическая география

Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

16. Samburova, S.A. (2024). Tipologiya zon tyagoteniya prigorodnykh stancij Sankt-Peterburgskogo zheleznodorozhnogo uzla (The typology of gravity areas of suburban railway stations in the St. Petersburg junction") *Pskovskij regionologicheskij zhurnal*, No. 20(3), Pp. 179–193. DOI: 10.37490/S221979310031840-7
17. Sviridenko, M.V. (2020). Prostranstvennoe razvitiye municipal'nykh obrazovanij Leningradskoj oblasti, nakhodyashchikhsya v zone intensivnoj urbanizacii Sankt-Peterburgskoj aglomeracii: osnovnye tendencii i vyzovy (Spatial development of municipalities of the Leningrad region, located in the zone of intensive urbanization of the St. Petersburg agglomeration: key trends and challenges). *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya*, No. 1(60), Pp. 69–76.
18. Semencov, S.V. (2015). Gradostroitel'noe razvitiye territorij Prinev'ya do osnovaniya Sankt-Peterburga: Vodskaya Pyatina i Ingermanlandiya (Town-planning development of territories along the Neva river before the foundation of St.Petersburg: Votic Pyatina and Ingermanland). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Iskusstvovedenie*, No. 1, Pp. 145–163.
19. Semencov, S.V. (2015) Gradostroitel'noe razvitiye territorij Prinev'ya do osnovaniya Sankt-Peterburga: osvoenie zony del'ty Nevy v XVII veke (Town-planning development of the territories along the Neva river before the foundation of Saint-Petersburg: development of the Neva river estuary areas in the 17th century"). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Iskusstvovedenie*, No. 2, Pp. 110–125.
20. Semencov, S.V. (2014). Nachalo sozdaniya reguljarnoj Sankt-Peterburgskoj aglomeracii pri Petre Pervom (The beginning of the formation of the regular St. Petersburg metropolitan area under Peter the Great). *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, No. 3(44), Pp. 46–55.
21. Sorokin, P.E. (2022). Krepost' Nienshanc v pervoj polovine - seredine XVII v. (The fortress of Nyenskans in the first half/middle of the 17th cen.). *Arheologicheskie vesti*, No. 36, Pp. 244–263. Available at: DOI: 10.31600/1817-6976-2022-36-244-263
22. Syaolin', L., Anohin, A.A., Shendrik, A.V., Chunlyan, S. (2016) Izmeneniya v prostranstvennom raspredelenii naseleniya i dorozhnoj seti Sankt-Peterburga (Changes in the population distribution and transport network of Saint-Petersburg). *Baltic region*, No.8(4), Pp. 53–77 DOI: 10.5922/2074-9848-2016-4-4.
23. Tarhov, S.A. (2014) Gorodskoj transport Rossijskoj Imperii v gody Pervoj mirovoj vojny (Urban transport of the Russian Empire during the First World War) *Ekonomicheskij zhurnal*, No. 4(36), Pp. 89–124.
24. Delbosc, A., Currie, G., Nicholls, L., Maller, C. (2016) Social Transit as Mass Transit in Australian Suburban Greenfield Development. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2543, Pp. 62-71, DOI:10.3141/2543-07.
25. Dembski, S., Sykes, O., Couch, C., Desjardins, X., Evers, D., Osterhage, F., Siedentop, S., Zimmermann, K. (2021) Reurbanisation and suburbia in Northwest Europe: A comparative perspective on spatial trends and policy approaches. *Progress in Planning*, 150, 100462. DOI: 10.1016/j.progress.2019.100462
26. Deng, Y., Wu, C., Li, M., Chen, R. (2015) RNDSI: "A ratio normalized difference soil index for remote sensing of urban/suburban environments", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, Pp. 40–48. DOI: 10.1016/j.jag.2015.02.010
27. Dmitrijev, A.V. (2016) "Izhora, Inkeri, Ingermanland. Revisiting historical and toponymic correlations", *Linguistica Uralica*, No. 52(3). Pp. 168–178. DOI: 10.3176/lu.2016.3.02.
28. Hanif, A., Zakiri, J.A., Mirzahi, S., Asim, G.M., Nadeem, G.F. (2024) "Analysis of contextual factors influencing the development of unplanned settlements: The case of Herat City, Afghanistan", *City, Culture and Society*, 39, 100607. DOI: 10.1016/j.ccs.2024.100607
29. Kryukova, O.V., Martynov, V.L., Sazonova, I.Y., Polyakova, S.D. (2016) Main spatial problems of St. Petersburg. *European Journal of Geography*, No. 7(2). Pp. 85–95.
30. Kubeš, J., Ouředníček, M. (2022). Functional types of suburban settlements around two differently sized Czech cities", *Cities*, 127, 103742. DOI: 10.1016/j.cities.2022.103742
31. Lin, T., Cai, J., Geng, H., Zheng, Y., Zeng, Z., Zheng, Y. (2024) "Incorporating suburban cropland into urban green infrastructure: A perspective of nature-based solutions in China", *Nature-Based Solutions*, 5, 100122. DOI: 10.1016/j.nbsj.2024.100122
32. Martynov, V.L., Sazonova, I.E. (2020) "Spatial Development of the Petrodvortsovsky District of St Petersburg: Primary Trends and Problems", *Baltic Region - The Region of Cooperation / Springer Nature Switzerland AG 2020. Cham : Springer.*, Pp. 251–258. DOI:10.1007/978-3-030-14519-4_28
33. McGee, T.G. (2021) "The Emergence of Desakota Regions in Asia: Expanding a Hypothesis", in: Brenner, N. (ed.), *Implosions / Explosions*, pp. 121–137. Available at: <https://doi.org/10.1515/9783868598933-010>
34. McKee, D., McKee, Y. (2001) "Edge Cities and the Viability of Metropolitan Economies: Contributions to Flexibility and External Linkages by New Urban Service Environments", *American Journal of Economics and Sociology*, 60(1), pp. 171–184. DOI: 10.1111/1536-7150.00059.
35. Mortoja, G., Yigitcanlar, T. (2023) "Why is determining peri-urban area boundaries critical for sustainable urban development?", *Journal of Environmental Planning and Management*, 66(1), pp. 67–96, DOI: 10.1080/09640568.2021.1978405.
36. Mou, L., Li, H., Rao, Y. (2024) "Identification and Spatial Characterization of suburban areas in Chengdu", *Applied Geography*, 172, 103428. DOI: 10.1016/j.apgeog.2024.103428
37. Nefedova, T.G., Treivish, A.I. (2023) "Dacha as a social and economic phenomenon and its role in rural development in Russia", *Russian Journal of Economics*, 9(4), pp. 371–385. DOI: 10.32609/j.ruje.9.112818.
38. Palang, H., Peil, T. (2010) "Mapping future through the study of the past and present: Estonian suburbia", *Futures*, 42(7), pp. 700–710. DOI: 10.1016/j.futures.2010.04.007
39. Park, K. (2023) "Regreening suburbia: An analysis of urban greening approaches in U.S. sprawl retrofitting projects", *Urban Forestry & Urban Greening*, 88, 128092. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.128092
40. Salvia, R., Alhuseen, A.M.A., Escrivà, F., Salvati, L., Quaranta, G. (2023) "Local development, metropolitan sustainability and the urbanization-suburbanization nexus in the Mediterranean region: A quantitative exercise", *Habitat International*, 140, 102909. DOI: 10.1016/j.habitatint.2023.102909
41. Yang, H., Wu, R., Qiu, B., Zhang, Z., Hu, T., Zou, J., Wang, H. (2024) "The next step in suburban rural revitalization: Integrated whole-process landscape management linking ecosystem services and landscape characteristics", *Ecological Indicators*, 162, 111999. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111999
42. Zheng, Z-W., Chou, R-J. (2024) "Experiences in promoting the development of suburban edible landscapes through place branding: A case study from Xiamen City, China", *Cities*, 155, 105470. DOI: 10.1016/j.cities.2024.105470

Статья поступила в редакцию: 11.11.24, одобрена после рецензирования: 09.03.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 11 November 2024; approved after review: 9 March 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Экономическая, социальная и политическая география
Мартынов В.Л., Андреева Т.А., Васильева О.Е., Демидионов М.Ю., Сазонова И.Е.

Информация об авторах

Василий Львович Мартынов

профессор кафедры экономической географии, факультет географии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена;
 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

e-mail: lwowich@mail.ru

Татьяна Александровна Андреева

доцент кафедры физической географии и природопользования, факультет географии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена;
 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

e-mail: chippo_@mail.ru

Ольга Евгеньевна Васильева

доцент кафедры экономической географии, факультет географии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена;
 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

e-mail: vasilyeva.o.e@gmail.com

Михаил Юрьевич Демидионов

инженер лаборатории «Рациональное природопользование», факультет географии Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена;
 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

e-mail: demidionovforwork@gmail.com

Ирина Евгеньевна Сазонова

доцент кафедры экономической географии, факультет географии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена;
 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48

e-mail: iesazonova@mail.ru

Вклад авторов

Мартынов В.Л. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Андреева Т.А. – обработка материала, составление картографических материалов.

Васильева О.Е. – сбор, анализ и обработка материалов, редактирование текста.

Демидионов М.Ю. – сбор, анализ и обработка материалов, редактирование текста.

Сазонова И.Е. – сбор, обработка материала, вычитка финального варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Vasiliy L. Martynov – the idea; data collection and processing; writing of the article; scientific editing.

Tatiana A. Andreeva – material processing; preparation of the maps.

Olga E. Vasil'yeva – material collection, analysis, and processing; editing of the text.

Mihail Yu. Demidionov – material collection, analysis, and processing; editing of the text.

Irina E. Sazonova – material collection and processing; proofreading.

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

Information about the authors

Vasiliy L. Martynov

Professor, Department of Economic Geography, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;
 48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: lwowich@mail.ru

Tatiana A. Andreeva

Associate Professor, Department of Physical Geography and Environmental Management, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;
 48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: chippo_@mail.ru

Olga E. Vasil'yeva

Associate Professor, Department of Economic Geography, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;
 48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: vasilyeva.o.e@gmail.com

Mihail Yu. Demidionov

Engineer, Laboratory of Rational Environmental Management, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;
 48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: demidionovforwork@gmail.com

Irina E. Sazonova

Associate Professor, Department of Economic Geography, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;
 48, Moika River Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

e-mail: iesazonova@mail.ru

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Научная статья

УДК 364.122.5

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-75-94

EDN: RYVNMF



**НЕФТЕГАЗОВЫЙ ГОРОД КАК ОСОБЫЙ ТИП МОНОГОРОДОВ:
ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ И ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО (ЮГРА) И ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНЫХ ОКРУГОВ)**

Олег Сергеевич Сизов¹, Елизавета Антоновна Елисеева², Владислава Владимировна Жаркова³, Наталья Евгеньевна Лобжанидзе⁴

¹ Институт криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, Тюмень, Россия

^{2, 3, 4} РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия

¹ kabanin@yandex.ru

² EAEElizaveta11@yandex.ru

³ zharkova.v@gubkin.ru

⁴ burgasova@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена комплексному исследованию особенностей развития и устойчивости нефтегазовых городов, которые представляют собой уникальный тип урбанизированных поселений, характеризующихся высокой зависимостью от ресурсной базы. На примере Ханты-Мансийского (Югра) и Ямало-Ненецкого автономных округов рассмотрены исторические предпосылки формирования нефтегазовых городов, их ключевые социально-экономические и экологические особенности, а также современные вызовы, связанные с их развитием. Эти города, обладая значительной долей трудоспособного населения и высокой концентрацией промышленной деятельности, сталкиваются с рядом специфических проблем, таких как ограниченность инфраструктуры, социальное неравенство, неблагоприятное экологическое состояние.

Методология исследования основана на современном представлении об искусственно созданных городах как опорных центрах промышленного освоения близлежащих нефтегазовых месторождений. Для проведения анализа используется широкий набор статистических данных, обеспечивающих возможность выявления краткосрочных изменений и долгосрочных трендов. Основной методический подход заключается в выявлении ключевых признаков нефтегазовых городов, таких как ресурсная зависимость, демографические вызовы, ограниченность инфраструктуры, экологические угрозы.

Установлено, что доминирующая роль нефтегазовой отрасли оказывает существенное влияние на социально-экономический профиль городов, включая занятость, уровень жизни, состояние инфраструктуры. При этом выявлены основные риски: высокая зависимость от колебаний мировых цен на нефть и газ, старение населения, ограниченные возможности диверсификации экономики и экологические угрозы, связанные с интенсивной промышленной эксплуатацией ресурсов.

В работе предложены меры, направленные на повышение устойчивости таких городов, включая диверсификацию экономики, развитие современных транспортных и инженерных систем, улучшение социальной инфраструктуры и внедрение экологически чистых технологий. Особое внимание уделено необходимости комплексного подхода к улучшению городской среды для создания условий, способствующих повышению качества жизни населения и укреплению экономической стабильности регионов. Результаты исследования представляют собой практическую основу для планирования и реализации стратегий устойчивого развития нефтегазовых городов.

Ключевые слова: нефтегазовые города, ресурсозависимость, устойчивость городов, экономические признаки, демографические признаки, экологические признаки, север Западной Сибири, ХМАО – Югра, ЯНАО

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00022, <https://rscf.ru/project/25-27-00022/>

Для цитирования: Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е. Нефтегазовый город как особый тип моногородов: предпосылки формирования и отличительные признаки (на примере городов Ханты-Мансийского (Югра) и Ямало-Ненецкого автономных округов) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 75–94. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-75-94 EDN: RYVNMF



© 2025 Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е. Лицензировано по СС BY 4.0.
Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-75-94

EDN: RYVNMF

**AN OIL AND GAS CITY AS A SPECIAL TYPE OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS (MONOTOWNS):
 THE CASE OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA
 AND THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG**

Oleg S. Sizov¹, Elizaveta A. Eliseeva², Vladislava V. Zharkova³, Natalia E. Lobzhanidze⁴

¹ Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia

^{2, 3, 4} Gubkin University, Moscow, Russia

¹kabanin@yandex.ru

²EAElizaveta11@yandex.ru

³zharkova.v@gubkin.ru

⁴burgasova@yandex.ru

Abstract. The paper presents a comprehensive study of the development and sustainability of oil and gas cities and towns, which represent a unique type of urbanized settlements characterized by a high dependence on the resource base. Using the example of the northern regions of Western Siberia, namely the Khanty-Mansi (Yugra) and Yamalo-Nenets Autonomous Okrugs (districts), the authors discuss the historical prerequisites for the formation of oil and gas cities and towns, their key socio-economic and environmental features as well as modern challenges associated with their development. These cities and towns, with a significant proportion of the working-age population and a high concentration of industrial activity, face a number of specific problems, such as limited infrastructure, social inequality, and unfavorable environmental conditions.

Methodologically, this study is based on the modern view of artificially created cities as centers of the industrial development of nearby oil and gas fields. A wide range of statistical data was used for the analysis, making it possible to identify short-term changes and long-term trends. The main methodological approach lies in the identification of key features of oil and gas cities and towns, such as resource dependence, demographic challenges, limited infrastructure, and environmental threats.

The study has found that the dominant role of the oil and gas industry has a significant impact on the socio-economic profile of the cities and towns, including employment, standard of living, and infrastructure. The main risks include a high dependence on fluctuations in global oil and gas prices, an aging population, limited opportunities for economic diversification, and environmental threats associated with intensive industrial exploitation of resources.

The paper proposes measures aimed at increasing the sustainability of such cities and towns, including economic diversification, the development of modern transport and engineering systems, the improvement of social infrastructure, and the introduction of environmentally friendly technologies. Special attention is paid to the need for an integrated approach to improving the urban environment in order to create conditions conducive to enhancing the quality of life of the population and to strengthening the economic stability of the regions. The results of the study provide a practical basis for planning and implementing strategies for the sustainable development of oil and gas cities and towns.

Keywords: oil and gas cities and towns, resource dependence, urban sustainability, economic features, demographic features, environmental features, north of Western Siberia, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Yamalo-Nenets Autonomous Okrug

Funding: this research was supported by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 25-27-00022, <https://rscf.ru/project/25-27-00022/>.

For citation: Sizov, O.S., Eliseeva, E.A., Zharkova, V.V., Lobzhanidze, N.E. (2025) An oil and gas city as a special type of single-industry towns (monotowns): The case of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 75–94. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-75-94 EDN: RYVNMF

Введение и постановка проблемы

Проблема освоения нефтегазовых ресурсов на севере Западной Сибири вызвала необходимость размещения большого количества людей в неблагоприятных природных условиях. Первоначальной формой расселения стали вахтовые (рабочие) поселки, однако довольно быстро началось строительство полноценных городов, часть из которых в настоящее время относится к крупным (100–500 тыс. чел.) (здесь и далее в работе используется классификация Ю.Л. Пивоварова [24]).

Город традиционно определяют как устойчивую пространственно-социальную систему, характеризующуюся высокой концентрацией населения, инфраструктуры и промышленных производств [30]. Как форма поселения он способствует повышению качества жизни горожан за счет развитой сферы услуг, диверсифицированной экономической деятельности, наличию образовательной и культурной среды. Тем не менее городам присущи специфические проблемы развития, которые в долгосрочной перспективе могут приводить к снижению их популяционной привлекательности и экономической устойчивости [38, 43].

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

В отношении искусственно создаваемых городов в настоящее время используется такое понятие, как «опорный город», или «опорный центр развития территории», который имеет удобное транспортное положение, экономические предпосылки для размещения промышленных объектов, благоприятные условия для развития предпринимательской деятельности и устойчивую социальную базу [27, 35].

Считается, что модель опорных центров, в основе которой лежит концепция демографической гравитации, способствует экономическому развитию и комфорtnому проживанию населения в российской Арктике. Основное назначение подобных городов заключается в том, они становятся административными центрами высокоорганизованной системы расселения и опорными базами для промышленного освоения близлежащих нефтегазовых месторождений [35]. Можно предположить, что города, обеспечивающие развитие нефтегазового комплекса в северных регионах, имеющих ограниченный производственный потенциал, могут характеризоваться уникальной исторической, экономической, демографической, экологической спецификой.

Цель данной работы состоит в определении на примере севера Западной Сибири отличительных признаков нефтегазовых городов, позволяющих обеспечить теоретическую основу для изучения проблем и перспектив их устойчивого развития.

Обзор ранее выполненных исследований

На сегодняшний день не существует устоявшегося термина «нефтегазовый город», поскольку в научной литературе используются термины «нефтяной город» [29], «город-центр нефтегазодобычи» [19], «город нефтяников» [18], «город газовиков» [23], «нефтегазодобывающий моногород» [17], ресурсный город [44], арктический город [10, 21, 25].

Вопросы становления и развития нефтегазовых городов отражены в публикациях таких ученых, как В.Н. Курятников, М.С. Мочалин, В.Г. Логинов, И.Н. Стась, А.Г. Глебова, Л.В. Ларченко, В.В. Фаузер, А.В. Смирнов, Y. Vaguet, R. Hayter.

В.Н. Курятников в своих исследованиях [18] утверждал, что любой город нефтяников начинался со строителей. Мощный толчок урбанизационные процессы в СССР получили в ходе освоения нефтяных месторождений Урало-Поволжья в 30–60-е гг. XX в. Позднее М.С. Мочалин рассмотрел понятие «город газовиков» применительно к Западно-Сибирской нефтегазовой провинции – Новый Уренгой [23].

При определении объекта исследований И.Н. Стась использовал термин «нефтяные города» Западной Сибири, которые, по его мнению, стали появляться в начале 1960-х гг. на севере Тюменской области и в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (ХМАО – Югра). Такая новая система расселения была сформирована в конце 1960-х гг. В историографии она получила название «базовый город – вахтовый поселок» [29, 30].

Ряд авторов [10, 21, 25] выделяют понятие «арктический город», который представляет собой уникальную урбанизированную территорию в пределах Арктической зоны РФ. Подобные города в экстремальных природно-климатических условиях выполняют особую роль экономических и административных центров освоения ресурсов, где ключевыми задачами являются поддержание устойчивости и жизнестойкости.

В.Г. Логинов [20] рассмотрел, как именно устроена северная иерархия поселений, где особую роль занимают нефтегазовые города. Они одновременно являются социально-экономической основой развития Севера и Арктики, базовыми центрами освоения природных ресурсов и формирования агломераций, обладают финансово-ресурсами для создания «умной» городской инфраструктуры и пр.

Л.В. Ларченко [19] указал на то, что, несмотря на внешнее благополучие, положение городов-центров нефтегазодобычи Севера и Арктики неустойчиво. Главной особенностью большинства подобных городов является монопрофильная структура хозяйства с доминирующим положением одного или нескольких технологически связанных предприятий сырьевого сектора экономики.

R. Hayter ввел понятие «ресурсные города», рост которых обеспечивается ресурсной базой окружающей территории [44]. Они уязвимы с точки зрения динамики промышленного производства, поскольку сталкиваются с меняющимися стратегическими потребностями центральных регионов и транснациональных корпораций. В этом отношении потенциал роста подобных городов определяется объемом доступных ресурсов при условии благоприятной экономической конъюнктуры [44], а устойчивость зависит от разнообразия экономической деятельности, которое формируется по мере истощения исходных запасов [45].

С точки зрения понятия «моногород» (отраслевая принадлежность занятых более 25 %; доля одного или нескольких предприятий в общем объеме производства более 50 % [17]) в зарубежной литературе нефтегазовые города (oil and gas towns) рассматриваются как типичные моноотраслевые ресурсозависимые поселения (single-industry, resource-dependent communities). В исследованиях J.S. Gilmore [40], W.R. Freudenburg [39], J.E. Randall [47] показаны отличительные экономические признаки моноспециализации: концентрация занятости и налоговых поступлений в нефтегазовом секторе, фискальная зависимость муниципалитета от ограниченного круга работодателей, подверженность внешним ценовым шокам. Исключение составляют крупные урбанизированные центры с диверсифицированной экономической структурой (логистика, высшее образование, сфера услуг). Однако стоит отметить, что, согласно постановлению Правительства РФ от 29.07.2014 № 709, монопрофильным городом считается только тот, где градообразующей организацией осуществляется деятельность по добывче полезных ископаемых, за исключением нефти и газа.

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Материалы и методы исследования

Исследование базируется на статистических данных, полученных из официальных источников, включая Федеральную службу государственной статистики (Росстат) и региональные отделения статистики Тюменской области, ХМАО – Югры и ЯНАО [1, 31, 32]. Основное внимание уделяется экономическим, демографическим и экологическим характеристикам нефтегазовых городов.

Для проведения анализа используется широкий спектр статистических показателей, включая валовый региональный продукт (ВРП), уровень урбанизации, миграционные потоки, возрастно-половую структуру населения, уровень занятости, а также данные о состоянии социальной инфраструктуры и загрязнении природной среды. Данные собраны и структурированы по временным периодам, что обеспечивает возможность детального изучения как краткосрочных изменений, так и долгосрочных трендов.

Детально рассмотрены стратегии социально-экономического развития Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) (до 2035 г.) [31] и ХМАО – Югры – (до 2050 г.) [32], а также стратегии развития отдельных городских поселений. В документах уделяется внимание развитию инфраструктуры, поддержке человеческого капитала и внедрению зеленых технологий. В рамках данного исследования интерес представляют показатели перспективного развития (включая темпы роста ВРП, занятость, динамику миграции и инвестиции в социальную сферу), оценка рисков долгосрочной устойчивости, а также планируемые мероприятия по преодолению ресурсной зависимости.

Основной методический подход исследования заключается в выявлении ключевых признаков, связанных с развитием нефтегазовых городов, среди которых ресурсная зависимость экономики, демографические вызовы, ограниченность социальной и транспортной инфраструктуры, экологические угрозы. Анализ исходных данных направлен на получение научно обоснованных рекомендаций по повышению устойчивости нефтегазовых городов, включая диверсификацию экономики, улучшение инфраструктуры, а также усиление мер экологического контроля. Такой подход позволяет выработать стратегические направления для долгосрочного и сбалансированного планирования развития нефтегазовых городов в северных регионах России.

Результаты и обсуждение

Исторические предпосылки

Периодизацию развития города в северных регионах России, выполняющих роль производственно-технологических и административно-территориальных центров, можно представить следующим образом [20, 22, 30]:

Первый этап (XIV в. – 1926 г.) – колонизация и создание первичной сети опорных поселений в Арктике – в европейской части основаны Кола (1780 г., с 1926 г. – сельское поселение), Кемь (1785 г.), Мезень (1780 г.), Онега (1780 г.), Полярный (1899 г.), Мурманск (1916 г.); в Западной Сибири: Самарово (1582 г.), Обдорск (1595 г.), Сургут (1584 г.), Мангазея (1601 г.);

Второй этап (1926–1959 гг.) – экстенсивный рост численности населения. Характеризуется формированием новых городских поселений (39 из 82 городов в северных регионах России);

Третий этап (1959–1991 гг.) – интенсивный рост численности населения в азиатской части Арктики. Отличается появлением «нефтяных городов» в Западной Сибири в связи с открытием и началом промышленной эксплуатации нефтегазовых месторождений на севере Тюменской области: Ханты-Мансийск (1950 г., на месте с. Самарово), Сургут (статус города с 1965 г.), Урай (1965 г.), Нефтеюганск (1967 г.), Нижневартовск (1972 г.);

Четвертый этап (1991–2010 гг.) – сокращение численности населения в Арктике с переходом к рыночной экономике. За это время европейскую часть покинули 700,0 тыс. чел. (70,6 %), азиатскую – 291,0 тыс. чел. (29,4 %);

Пятый этап (2010–2024 гг.) – стабилизация численности населения и повышение уровня жизни горожан. Характеризуется промышленным ростом на фоне благоприятной экономической конъюнктуры и активным социальным развитием поселений в Арктической зоне РФ.

На примере севера Западной Сибири система городских поселений первой волны начала формироваться в начале 1960-х гг. Градообразующей основой являлась добывающая промышленность, реализация принципа «базовый город – вахтовый поселок» [29]. Основополагающее значение для появления новых городов имело Постановление Совета Министров СССР от 4 декабря 1963 г. «Об организации подготовительных работ по промышленному освоению открытых нефтяных и газовых месторождений и о дальнейшем развитии геологоразведочных работ в Тюменской области», в котором тем не менее не упоминалась застройка городов в кирпиче и бетоне, так как упор делался на застройку стандартными сборными брусковыми домами. Места наиболее интенсивного хозяйственного освоения становились арендой и для городского строительства, т.е. города получили изначальную привязку к окружающей сырьевой базе [30].

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

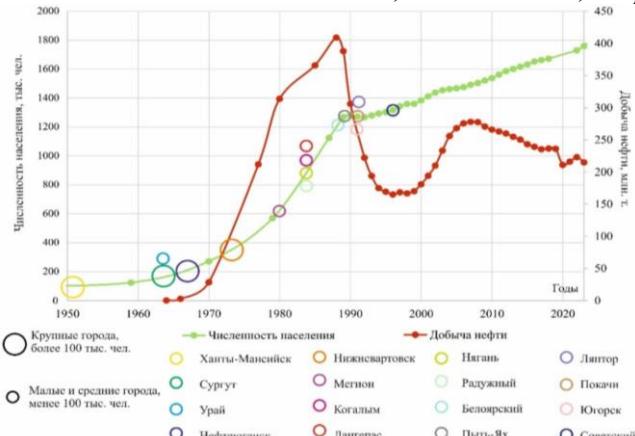


Рис. 1. Динамика добычи нефти и численности населения в ХМАО – Югре.

Составлено авторами по: [28, 33]

Fig. 1. Oil production and population dynamics in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Compiled by the authors based on [28, 33]

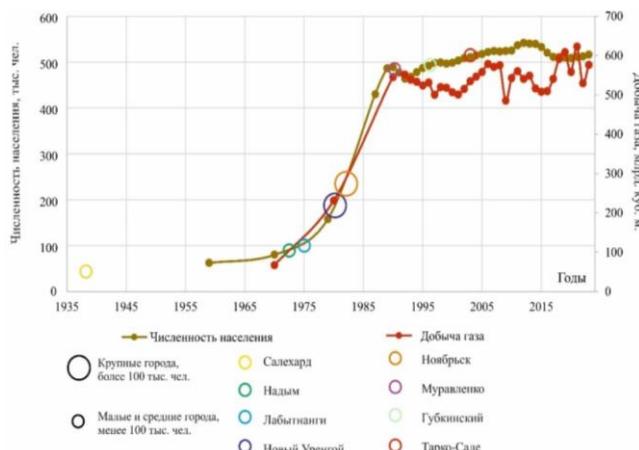


Рис. 2. Динамика добычи газа и численности населения в ЯНАО. Составлено авторами по: [3, 28]

Fig. 2. Gas production and population dynamics in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

Compiled by the authors based on [3, 28]

Таким образом, исторические предпосылки строительства северных городов ХМАО – Югры и ЯНАО определяются рядом централизованных решений различных органов исполнительной власти, вызванных экономической необходимостью быстрого освоения нефтегазовых ресурсов Западной Сибири. Можно выделить несколько исторических особенностей развития нефтегазовых городов в инициальный период:

- очаговый тип расселения с привязкой к ресурсной базе вновь открываемых месторождений нефти и газа;
- развитие на основе одного или нескольких вахтовых поселков, имевших различную организационную и ведомственную принадлежность;
- отсутствие научно обоснованных генеральных планов на первых стадиях строительства городов при значительном недостатке социально-бытовой и дорожной инфраструктуры;
- использование технологий, не адаптированных к суровым климатическим условиям, что приводило к повышенным показателям износа и деформации объектов капитального строительства.

Существенный прогресс в улучшении качества городской среды нефтегазовых городов на севере Западной Сибири наблюдается лишь в последние 15–20 лет, что обусловлено благоприятной экономической конъюнктурой и последовательной реализацией основных приоритетов социального развития на государственном уровне [11]. По данным Минстроя России, индекс качества городской среды в ХМАО – Югре (среднее по 16 городам) с 2018 по 2024 г. вырос на 44 % (со 168 до 241; 7-е место в РФ на 2024 г.), в ЯНАО (среднее по 8 городам) – на 31 % (со 176 до 231; 16-е место в РФ на 2024 г.) [13]. Наибольший прирост индекса в ХМАО – Югре показали Лянтор и Нефтеюганск (73 и 68 % соответственно), в ЯНАО – Губкинский и Ноябрьск (50 и 37 % соответственно) (рис. 3); наиболее благоустроены (индекс более 260) Ханты-Мансийск, Белоярский, Надым и Когалым.

Позднее, 21 июля 1965 г., на заседании Тюменского облисполкома был рассмотрен вопрос «О состоянии и перспективах развития градостроительства, связанного с народнохозяйственным освоением нефтегазоносных районов области», после чего было принято решение № 577, которое в значительной мере определило градостроительную политику в Тюменской области. С 1966 г. происходят изменения в строительстве культурно-бытовых объектов, которые стали строиться в капитальном исполнении. С 1970 г. начинается активное строительство с параллельным переселением жителей в благоустроенные дома. Уже к середине 1970-х гг. до 85 % населения региона концентрировалось в городах (Сургут, Нижневартовск, Надым). Быстрый рост поселков городского типа и городов на базе вахтовых поселков наблюдался вплоть до середины 1980-х гг. (рис. 1, 2). В этот период в ХМАО – Югре появились такие города второй волны, как Лангепас, Когалым, Нягань, Радужный, Мегион и др. В ЯНАО к началу 1980-х гг. статус городов получили Новый Уренгой (1980) и Ноябрьск (1982) [20].

Позднее характер застройки в северных городах начал пересматриваться – в частности, вводилась категория земель для индивидуального малоэтажного строительства, что позволяло снизить напряженность жилищной проблемы в районах освоения. Кроме того, предполагалось значительное расширение городов. Так, в 1987 г. проектным институтом «Гипрогор» был разработан обновленный генеральный план Нового Уренгоя, в котором рассматривалась масштабная застройка северной части города капитальным многоэтажным жильем с увеличением числа жителей до 150 тыс. Актуальность и целесообразность подобных планов была скорректирована в процессе перехода к рыночной экономике. Результатом отхода от централизованного планирования стало сокращение динамики образования новых городов – с 1991 г. статус города получили только пять поселений общей численностью около 100 тыс. чел [23].

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Таблица 1
 Table 1

Значения индекса качества городской среды в ХМАО – Югре и ЯНАО

Values of the urban environment quality index

in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug

Город	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Прирост 2018-2024 (%)
Белоярский	179	210	217	217	227	245	266	49 %
Когалым	184	190	197	205	223	229	260	41 %
Лангепас	190	195	202	207	215	220	257	35 %
Лянтор	132	153	171	180	180	180	228	73 %
Мегион	180	179	180	199	207	211	229	27 %
Нефтеюганск	137	169	171	175	180	201	230	68 %
Нижневартовск	172	178	180	180	202	210	240	40 %
Няганс	149	160	175	179	180	180	209	40 %
Покачи	169	179	180	197	203	209	235	39 %
Пыть-Ях	151	161	176	180	180	199	229	52 %
Радужный	190	189	193	194	199	205	229	21 %
Советский	154	175	176	177	180	180	214	39 %
Сургут	169	180	200	204	217	228	256	51 %
Урай	177	179	180	196	204	218	244	38 %
Ханты-Мансийск	187	220	232	237	247	252	287	53 %
Югорск	168	179	186	199	212	217	247	47 %
Среднее по ХМАО – Югре	168	181	189	195	204	212	241	44 %
Салехард	193	210	218	223	232	247	256	33 %
Надым	208	211	220	232	245	250	261	25 %
Новый Уренгой	159	180	180	186	197	195	213	34 %
Ноябрьск	159	165	170	179	206	209	218	37 %
Губкинский	162	180	192	219	224	236	243	50 %
Муравленко	159	177	178	180	180	196	207	30 %
Лабытнанги	161	164	180	180	180	180	203	26 %
Тарко-Сале	203	219	218	218	221	235	248	22 %
Среднее по ЯНАО	176	188	195	202	211	219	231	31 %

Составлено авторами по: [13]

Compiled by the authors based on [13]

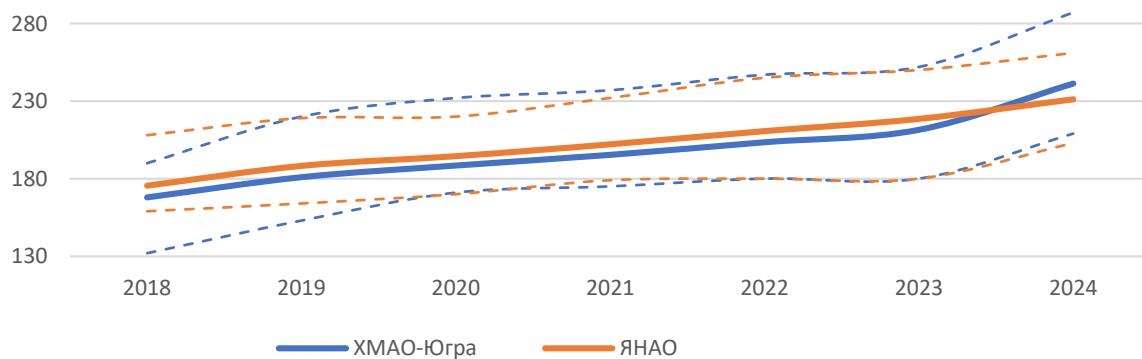


Рис. 3. Динамика индекса качества городской среды в ХМАО – Югре и ЯНАО.

Составлено авторами по: [13]

Fig. 3. Dynamics of the urban environment quality index in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Compiled by the authors based on [13]

Экономические признаки

Нефтегазовые города, как правило, представляют собой комплексную производственную систему, включающую в себя все стадии производственного процесса нефтегазовой отрасли – от геологоразведки и освоения месторождений до переработки углеводородов и их транспортировки (табл. 2). Они служат базой для освоения природных ресурсов и центром для формирования агломераций, обладают финансовыми возможностями для создания современной городской инфраструктуры.

*Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.*

Таблица 2
Table 2

Города ХМАО – Югры и ЯНАО с основными нефтегазовыми компаниями. Составлено авторами по: [5, 6]

The cities and towns of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug with major oil and gas companies. Compiled by the authors based on [5; 6]

Название	Год присвоения статуса	Численность населения*, чел	Нефтегазовые компании
			1 2 3 4
ХМАО – Югра			
Белоярский	1988	19994	ТПП «Белоярскнефтегаз»
Когалым	1985	61441	ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» ООО «ЛУКойл-Аик»
Лангепас	1985	42701	ТПП «Лангепаснефтегаз»
Лянтор	1992	40977	НГДУ «Лянторнефть» ПАО «Сургутнефтегаз»
Мегион	1980	52887	ПАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» ООО «Славнефть-Нижневартовск» ПАО «Обынефтегазгеология»
Нефтеюганск	1967	124732	ООО «РН-Юганскнефтегаз» ООО «КанБайкал» ООО «Петротэк-Нефть» ООО «Юрскнефть» ООО «УнтыгейНефть»
Нижневартовск	1972	283256	АО «ННК-Нижневартовское нефтегазодобывающее предприятие» ООО «Тарховское» АО «Самотлорнефтегаз» ООО «Западно-Новомолодежное» ООО «Руфьеганнефтегаз» ООО «ННК Северо-Варьеганско» ООО «ИНТЭК - Западная Сибирь» АО «СибурТюменьГаз»
Нягань	1985	63034	АО «РН-Няганьнефтегаз» ООО «Юкатекс-Югра» ООО «Нефтяная компания Красноленинскнефтегаз» ООО «Няганьнефть»
Покачи	1992	16040	ТПП «Покачевнефтегаз»
Пыть-Ях	1990	40180	УЭТ РН-Юганскнефтегаз ООО «Альянс»
Радужный	1985	43577	ПАО «ННК-Варьеганнефтегаз» АО «Негуснефть» ПАО «Варьеганнефть»
Советский	1996	31138	«ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»
Сургут	1965	395900	ООО «Газпром трансгаз Сургут»
Урай	1965	41315	ООО «Турсунт»
Ханты-Мансийск	1950	111772	ООО «Газпромнефть-Хантос» АО «НК «Конданефть» ООО «Газпромнефть-Пальян»
Югорск	1992	38238	ООО «Пулытынское»
ЯНАО			
Губкинский	1996	33869	ООО «РН-Пурнефтегаз» ООО «СевКомНефтегаз» ООО «Харампурнефтегаз» ЗАО «Пургаз»
Лабытнанги	1975	25969	Нефтебаза Лабытнангского ПОНП
Муравленко	1990	29306	«Газпромнефть-Муравленко»
Надым	1972	45229	ООО «Газпром добыча Надым» ООО «ЯРГЕО»

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Новый Уренгой	1980	106764	ООО «НОВАТЭК-ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ» ООО «Газпром добыча Ямбург» ООО «Арктик СПГ 2» АО «Арктиктаз» АО «Сибнефтегаз» ООО «Газпром добыча Уренгой» АО «РОСПАН ИНТЕРНЕШНЛ» ООО «Арктик СПГ 1» АО «Мессояханефтегаз» ООО «РусГазАльянс» ООО «Газпром добыча Тамбей» ООО «Меретояханефтегаз» ООО «Севернефтегазпром» ООО «Арктик СПГ 3»
Ноябрьск	1982	101235	ООО «Газпром добыча Ноябрьск» АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» ООО «Газпромнефть-Ангара»
Салехард	1938	49160	ТПП «ЯМАЛНЕФТЕГАЗ» ПАО «НК «Роснефть»-Ямалнефтепродукт»
Тарко-Сале	2004	19932	ООО «НОВАТЭК-ТАРКОСАЛЕНЕФТЕГАЗ»

* на 1 января 2023 г.

* as of January 1, 2023

Экономическую активность нефтегазовых городов в пределах одного региона города отражает объем валового регионального продукта (ВРП), характеризующий изменение производства товаров и услуг для конечного использования в текущем периоде по сравнению с базисным. Согласно статистическим данным, нефтегазодобывающая отрасль доминирует в структуре промышленности ХМАО – Югры (76,9 %). В структуре промышленности ЯНАО также преобладает добыча полезных ископаемых (97 %) – ежегодно на территории округа добывается более 80 % российского газа (одна шестая часть мировой добычи).

Детальный анализ статистических данных стоимости произведенной продукции и доли занятости в добыче полезных ископаемых на уровне отдельных городов позволяет выделить несколько различающихся типов нефтегазовых поселений:

– города с высокой долей занятости ($\geq 25\%$) и стоимости продукции ($\geq 30\%$) добывающей отрасли (Пыть-Ях, Покачи, Радужный и др.), которые сохраняют свою роль опорной базы освоения окружающих месторождений;

– города с низкой долей занятости ($< 25\%$), но высокой долей стоимости продукции ($\geq 30\%$) добывающей отрасли – показатели, с одной стороны, демонстрируют центростремительные тенденции финансовых потоков (Сургут, Ханты-Мансийск), а с другой стороны, отражают переход отрасли на вахтовый метод освоения месторождений, что приводит к снижению официальной занятости в добыче местного городского населения (Урай, Муравленко и др.);

– города с высокой долей занятости ($\geq 25\%$), но сниженной долей стоимости продукции ($< 30\%$) добывающей отрасли (Когалым, Мегион), которые фактически сохраняют свою хозяйственную роль в освоении месторождений, но являются финансовыми донорами для центральных городов, где сосредоточены головные подразделения сервисных компаний;

– города с низкой долей занятости ($< 25\%$) и низкой (Нягань) или снижающейся (Нижневартовск, Новый Уренгой) долей стоимости продукции ($< 30\%$) добывающей отрасли, в которых одновременно проявляются эффекты снижения объемов добычи и перехода на вахтовый метод освоения.

Важно отметить, что по уровню занятости и доле произведенных товаров ряд городов рассматриваемых регионов нельзя отнести к нефтегазовым (Югорск, Салехард, Лабытнанги).

В среднем в городах рассматриваемых регионов с 2017 по 2024 г. произошло увеличение доли занятости в сегменте добычи полезных ископаемых на 6,1 % (7,7 % в ХМАО – Югре; 4,4 % – в ЯНАО). Наибольший прирост ($> 10\%$) отмечен в городах с высокой занятостью в добыче (Пыть-Ях, Покачи, Когалым), в то время как в самом большом по численности населения городе (Сургут) произошло снижение на 7,1 %.

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Таблица 3
Table 3

Доля работников организаций,
занятых в добывче полезных ископаемых (без субъектов малого предпринимательства), %
Share of employees of organizations engaged in mining (excluding small businesses), %

Город*	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ХМАО – Югра								
Покачи	30,8	33,8	34,6	39,9	44,2	45,9	48,0	44,7
Пыть-Ях	20,4	30,5	33,0	31,5	31,8	35,5	36,9	38,4
Когалым	27,5	28,9	26,1	30,1	34,0	35,9	37,6	38,2
Нефтеюганск	29,6	28,0	27,2	28,2	28,3	32,7	37,2	38,0
Радужный	25,2	19,1	19,8	19,6	27,9	32,5	42,9	33,7
Лангепас	21,7	28,1	28,0	28,0	27,7	28,2	28,9	29,2
Мегион	20,7	23,1	23,7	24,3	23,0	22,2	21,5	25,8
Нижневартовск	15,6	18,3	18,7	18,4	17,4	19,0	20,0	20,4
Нягань	1,3	20,7	20,3	18,2	15,3	17,5	18,3	19,6
Сургут	23,5	14,1	14,9	14,9	14,8	15,0	15,4	16,4
Урай	9,1	12,1	12,3	13,5	13,6	14,4	15,0	14,9
Ханты-Мансийск	2,0	5,0	5,5	5,8	7,1	11,0	12,3	8,4
Югорск	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ЯНАО								
Губкинский	24,0	25,3	33,4	34,4	30,9	31,5	32,2	33,6
Ноябрьск	19,8	20,1	22,8	23,4	22,1	24,7	25,4	25,2
Новый Уренгой	17,9	29,0	28,5	26,5	26,4	26,7	25,0	24,8
Муравленко	14,4	13,4	15,6	18,3	17,8	18,1	18,2	18,6
Салехард	0,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8
Лабытнанги	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Данные по городам Белоярский, Лянтор, Надым, Советский, Тарко-Сале не представлены в БД ПМО

Составлено авторами по: [1]

Таблица 4
Table 4

Доля стоимости товаров собственного производства
при добывче полезных ископаемых (без субъектов малого предпринимательства), %
Share of the cost of own-produced goods in mining operations (excluding small businesses), %

Город*	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ХМАО – Югра								
Радужный	63,6	71,2	79,7	78,2	72,3	75,5	73,6	75,9
Сургут	55,2	62,3	0,8	60,7	67,6	71,2	67,3	69,3
Покачи	43,1	40,5	42,9	48,6	50,1	60,0	59,1	69,0
Пыть-Ях	49,1	52,1	47,9	42,6	45,2	44,9	50,1	55,4
Ханты-Мансийск	0,0	14,7	28,1	26,6	34,8	40,1	46,2	53,0
Урай	23,8	24,2	20,9	24,9	27,3	23,6	43,5	49,7
Нефтеюганск	49,3	48,5	42,9	38,1	44,7	49,7	48,9	46,8
Лангепас	28,0	28,4	27,6	28,4	23,6	34,1	34,1	36,4
Мегион	27,1	16,2	24,1	23,7	22,5	25,7	26,7	29,4
Нижневартовск	38,7	38,8	41,4	30,7	21,7	25,0	26,1	28,1
Когалым	17,4	16,2	15,5	18,7	13,9	17,9	19,1	25,1
Нягань	3,1	5,3	12,2	14,8	14,0	13,6	17,2	20,8
Югорск	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ЯНАО								
Губкинский	41,2	30,5	26,1	26,4	57,6	68,0	40,7	49,7
Муравленко	17,5	0,0	25,3	35,8	36,8	33,9	32,7	39,1
Ноябрьск	29,0	33,4	42,6	43,9	42,5	43,3	38,1	36,5
Новый Уренгой	39,9	38,6	36,4	48,1	28,3	30,9	24,7	26,1
Салехард	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лабытнанги	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Данные по городам Белоярский, Лянтор, Надым, Советский, Тарко-Сале не представлены в БД ПМО

Составлено авторами по: [1]

Средняя стоимость товаров собственного производства при добывче полезных ископаемых также увеличилась с 2017 по 2024 г. на 9,7 % (12,4 % в ХМАО – Югре; 4,0 % – в ЯНАО). Примечательно, что наибольший прирост (>50 %) выявлен для Ханты-Мансийска, в котором доля занятости в добывче относительно невелика

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

(8,4 %). Это может свидетельствовать об административном перераспределении финансовых потоков от нефтегазовых предприятий в пользу административного центра. В то же время такие крупные города, как Нижневартовск и Новый Уренгой потеряли 10,6 и 13,8 % стоимости произведенных товаров соответственно, что ожидаемо соотносится со стабилизацией или даже снижением в последние 2–3 года доли занятых в сегменте добычи полезных ископаемых.

Таким образом, можно отметить разнонаправленные тенденции развития нефтегазовых городов, которые одновременно определяются объемом доступных ресурсов, динамикой добычи (зависит от стадии разработки месторождения), степенью внедрения вахтового метода и административным регулированием. Отсутствие прямых доходов от извлекаемых ресурсов приводит к необходимости внедрения дотационных механизмов наполнения городских бюджетов. Данная особенность, по всей видимости, стала причиной исключения нефтегазовых городов из категории монопрофильных поселений в Постановлении Правительства РФ от 29.07.2014 № 709.

В качестве интегрального показателя развития нефтегазовых городов можно рассматривать индекс физического объема ВРП (в постоянных ценах; в процентах к предыдущему году) по разделу «добыча полезных ископаемых». На рисунках 4, 5 явно прослеживается прямая зависимость динамики ВРП в ХМАО – Югре и ЯНАО за 2005–2022 гг. от добычи нефти и газа. Анализ динамики ВРП в сопоставимом исчислении также показывает, что на краткосрочные колебания оказывают воздействие негативные макроэкономические изменения (спад спроса, пандемия, снижение цен), что дополнительно подчеркивает нефтегазовую специфику формирования ВРП.

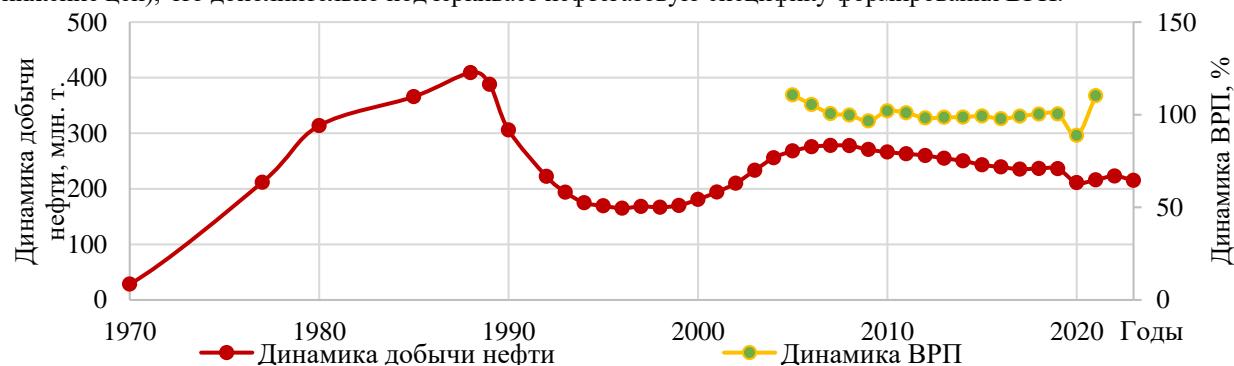


Рис. 4. Динамика добычи нефти и ВРП ХМАО – Югры. Составлено авторами по: [1; 33]

Fig. 4. Oil production and GRP dynamics in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Compiled by the authors based on [1; 33]

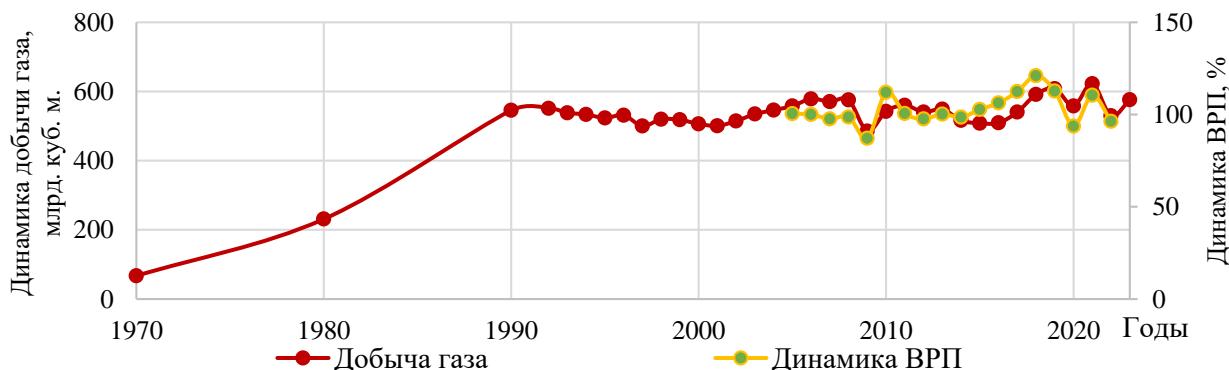


Рис. 5. Динамика добычи газа и ВРП ЯНАО. Составлено авторами по: [1; 33]

Fig. 5. Gas production and GRP dynamics in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug.

Compiled by the authors based on [1; 33]

Демографические признаки

По состоянию на 2023 г. доля урбанизации в ХМАО – Югре составила 92,3 %, в ЯНАО – 85,2 %. К основным демографическим признакам нефтегазовых городов можно отнести возрастной состав и миграцию.

Статистика показывает, что большую часть населения в городах ХМАО – Югры и ЯНАО составляют взрослые в возрасте 30–49 лет и дети в возрасте 1–13 лет (в среднем 35 и 19 % соответственно) [33]. В ХМАО – Югре число трудоспособного населения составляет 1084,3 тыс. чел. (61,6 % от общего населения), в ЯНАО – 331,7 тыс. чел. (64,3 % от общего населения). С одной стороны, вполне очевидно, что в промышленном производстве наиболее востребованы люди трудоспособного возраста. С другой стороны, высокая доля детей является признаком постоянного проживания. Это формирует необходимость развития объектов социальной инфраструктуры, среди которых детские сады, школы, поликлиники, культурные и досуговые учреждения, парки и скверы.

*Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.*

В разрезе отдельных городов хорошо заметны три особенности (рис. 6):

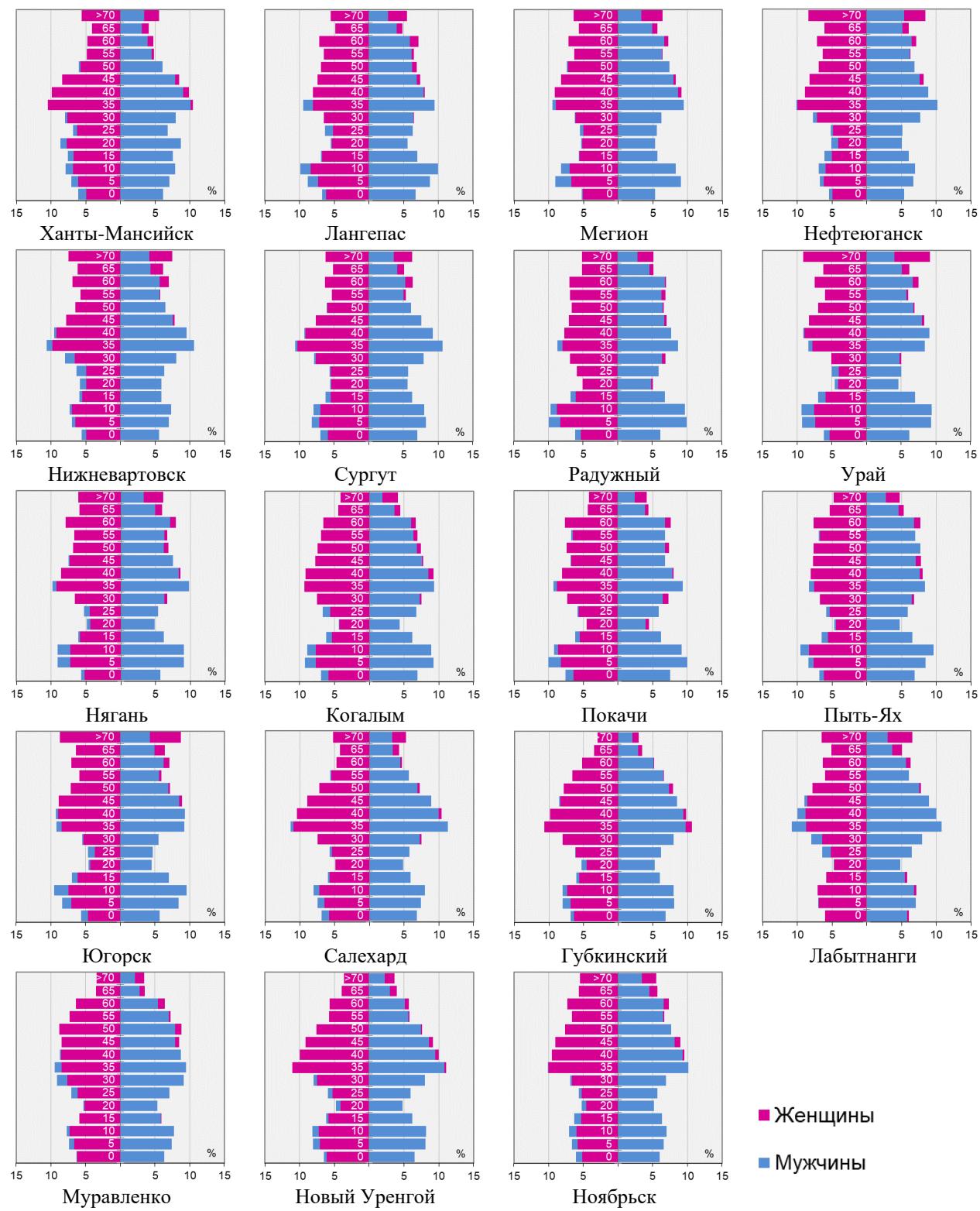


Рис. 6. Половозрастная структура населения городов ХМАО – Югры и ЯНАО на 1 января 2024 г.

Составлено авторами по: [1]

The sex and age structure of the population in the cities and towns of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug as of January 1, 2024. Compiled by the authors based on [1]

– в городах первой волны освоения (1960–70-е гг.) (Нефтеюганск, Нижневартовск, Урай и др.) отмечается повышенная доля (до 8–9 %) жителей пенсионного возраста (>70 лет), что показывает определенную степень инертности населения и привлекательность региональных льготных программ для пожилых людей;

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

– в некоторых городах второй волны (1980–90-е гг.) (Новый Уренгой, Губкинский, Муравленко и др.) формируется хорошо выраженная структура с преобладанием взрослых в возрасте 30–49 лет и детей в возрасте 1–13 лет, что является косвенным индикатором повышенной экономической и социальной активности городского населения;

– практически во всех городах отмечается провал в возрастной категории 20–29 лет, что может быть связано с отсутствием приемлемых для местных жителей возможностей для получения высшего образования.

Миграционный прирост в обоих регионах имеет высокую вариабельность, может отражать развивающийся в настоящее время вахтовой тип работы (рис. 7). При этом интенсивность трудовой миграции может зависеть от целого ряда технологических, экономических, социальных и иных причин. Стоит отметить, что в ХМАО – Югре наблюдается устойчивый рост численности населения, который происходит преимущественно за счет естественного прироста, а не миграционного (в среднем на 13,5 тыс. чел./год). В ЯНАО, напротив, ситуация достаточно стабильная, с тенденцией к небольшому спаду [31].

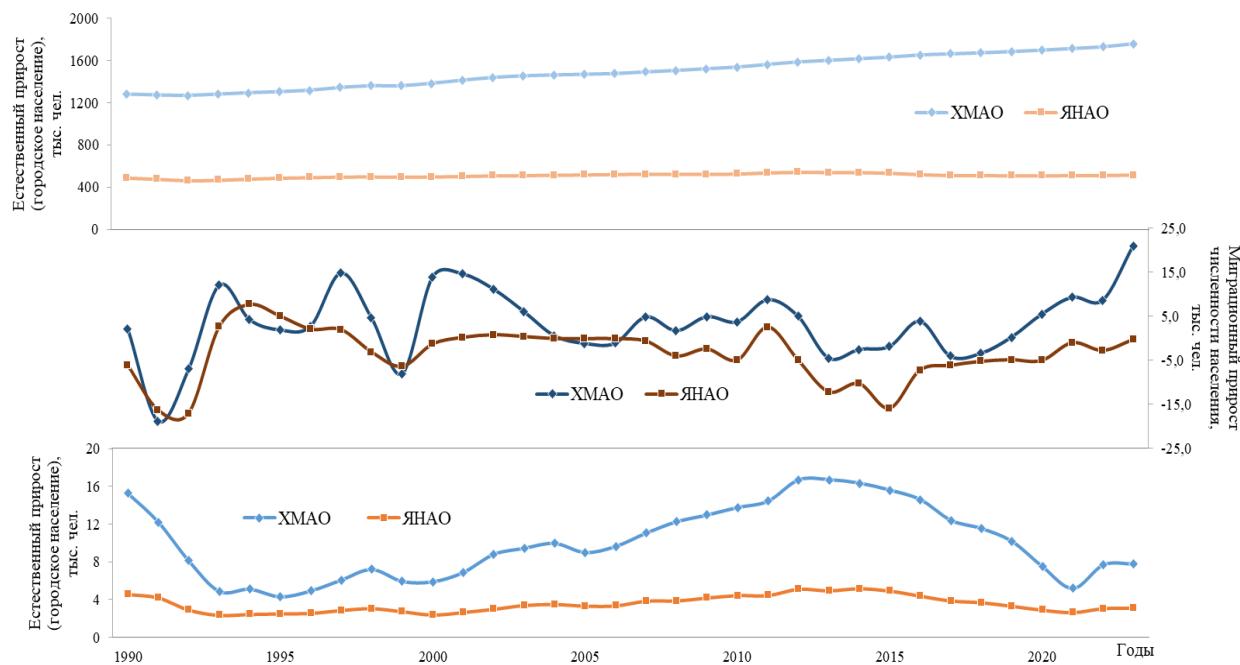


Рис. 7. Динамика демографических показателей в ХМАО – Югре и ЯНАО с 1990 по 2023 г.

Составлено авторами по: [1; 33]

Fig. 7. Demographic indicators dynamics in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug from 1990 to 2023. Compiled by the authors based on [1; 33]

Детальный анализ данных по внешней (для регионов) миграции (табл. 5) показывает, что с 2016 г. в среднем в городах отмечается положительное сальдо миграции, особенно в последние 3 года (0,5–1,12 %). В ХМАО – Югре среднее значение внешней миграции в 2023 г. составило 1,23 %, в ЯНАО – 0,88 %. Максимальными значениями характеризуются города с повышенной долей занятых в добывающей отрасли (Радужный, Покачи, Когалым, Губкинский и др.). В то же время мигрантов привлекают большие развитые города (Сургут, Ноябрьск). Несколько аномально на общем фоне выглядит устойчивый за последние 4 года отток населения из Нового Уренгоя, что, по всей видимости, обусловлено ужесточением миграционного контроля на локальном уровне.

В качестве дополнительного признака можно отметить неразвитость транспортного сообщения с основными регионами страны. Это выражается в ограниченном количестве прямых авиарейсов, высокой стоимости билетов и недостаточной железнодорожной инфраструктуре, что затрудняет перемещение как для жителей, так и для работников, прибывающих на временную или сезонную работу. Для решения этих проблем вводятся субсидии на авиаперелеты, особенно для жителей северных регионов, увеличивается количество поездов и рейсов в периоды отпусков и праздничных дней. Кроме того, реализуются государственные программы по развитию транспортной доступности, включающие модернизацию аэропортов и улучшение дорожной инфраструктуры.

Среди основных демографических тенденций, наблюдаемых в настоящее время в нефтегазовых городах Западной Сибири, можно отметить следующие:

– Концентрация населения в отдельных крупных городах. Основной прирост населения с 2012 по 2023 гг. наблюдается в крупнейших нефтегазовых центрах ХМАО – Югры, таких как Сургут (+26 %), Ханты-Мансийск (+21 %), Нижневартовск (+9,7 %). Эти города предлагают более высокий уровень развития социальной инфраструктуры и экономические возможности, что привлекает новых жителей и способствует урбанизации. В то же время менее крупные города практически не развиваются и даже постепенно теряют население – Нефтеюганск (+1,6 %), Новый Уренгой (−0,9 %), Ноябрьск (−2,7 %);

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Таблица 5
Table 5

Доля внешней (для региона) миграции. Составлено авторами по: [1]
The share of external (for the region) migration. Compiled by the authors based on [1]

Город*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Радужный	0,19	-0,80	-0,28	-0,02	0,73	0,89	0,68	0,25	1,06	1,48	2,28	2,32
Сургут	1,14	0,36	0,57	0,53	1,28	0,23	0,41	0,42	0,65	1,07	0,97	1,97
Покачи	0,17	0,69	0,70	0,30	-0,23	-0,41	0,18	-0,14	0,42	0,55	0,03	1,96
Когалым	0,47	0,12	0,09	0,40	1,06	1,21	0,11	1,05	0,83	0,77	0,64	1,66
Лангепас	-0,05	-0,37	-0,24	0,15	0,16	0,63	0,54	0,04	0,58	1,39	1,25	1,55
Нефте-юганск	-0,13	-0,58	-0,49	-0,22	0,42	0,38	0,27	-0,37	0,48	0,60	0,35	1,33
Ханты-Мансийск	3,20	0,62	0,56	0,47	0,78	-0,93	-0,29	1,37	1,17	1,79	0,49	1,15
Мегион	-0,52	0,56	-0,11	-0,43	-0,93	-0,82	-0,54	-0,74	-0,26	-0,05	-0,06	0,92
Югорск	-0,24	-0,05	0,06	-0,06	0,03	-0,37	-0,94	0,36	0,56	0,45	0,40	0,84
Нижневартовск	0,73	0,03	-0,11	0,08	0,52	-0,26	-0,13	-0,11	0,12	0,63	0,94	0,81
Пыть-Ях	-0,38	0,14	-0,30	-0,35	-0,19	-1,27	-0,96	-0,34	-0,11	0,06	0,08	0,73
Урай	-0,23	-0,15	0,04	-0,23	0,00	-0,22	-0,29	0,61	0,17	0,23	0,01	0,46
Нягань	-0,17	-0,18	0,24	0,01	0,15	0,07	-0,24	-0,07	-0,11	-0,24	-0,22	0,26
Губкинский	0,25	-0,80	2,32	0,29	-1,25	1,79	1,32	1,55	-4,09	0,71	0,78	2,71
Ноябрьск	-1,64	-1,28	-1,06	-1,00	-0,09	-0,17	-0,73	0,38	1,03	0,84	0,77	1,18
Лабытнанги	-0,91	0,03	0,06	-0,93	-0,45	-0,90	-0,12	0,31	0,44	0,56	0,75	0,83
Муравленко	-1,17	-1,12	-1,30	-1,08	-0,71	-0,25	-0,72	-1,41	0,13	-0,15	0,54	0,73
Салехард	2,50	1,00	0,13	-0,12	-0,49	0,46	0,65	0,82	0,00	0,95	0,51	0,37
Новый Уренгой	2,51	-0,87	-1,43	-4,66	0,76	0,62	0,94	0,19	-0,43	-0,07	-0,98	-0,52

* Данные по городам Белоярский, Лянтор, Надым, Советский, Тарко-Сале не представлены в БД ПМО

– Миграционный отток. Молодые люди в ХМАО – Югре и ЯНАО зачастую переезжают в другие регионы для получения высшего образования; люди старшего возраста меняют место жительства после выхода на пенсию по причине неблагоприятных климатических условий [2]. Вместе с тем нефтегазовые компании в целях оптимизации расходов активно привлекают на промыслы вахтовых рабочих из других регионов России. Приток временных мигрантов поддерживает численность населения нефтегазовых городов, но не способствует ее устойчивому росту [4, 14].

Экологические признаки

Экологическую ситуацию в нефтегазовых городах ХМАО – Югры и ЯНАО можно оценить через специфику выбросов в атмосферу. Основными источниками выбросов являются стационарные промышленные объекты, при этом главными загрязнителями выступают оксид углерода, углеводороды, а также летучие органические соединения. Так, на территории ХМАО – Югры источниками загрязнения атмосферы являются факелы для сжигания попутного газа и трубы печей; ЯНАО характеризуется скоплением стационарных источников загрязнения в пределах крупных городских агломераций Нового Уренгоя и Ноябрьска (рис. 8, 9).

Анализ статистических данных показывает, что на территории ХМАО – Югры максимальный объем выбросов приходится на Сургут (3,4 % от всех выбросов округа), наименьший – на Радужный (около 0,05 %). Если рассматривать газообразные вещества, то основную массу от общего объема выбросов в атмосферу за 2020–2022 гг. составляют: оксид углерода – 39–48 %; углеводороды – 22–32 % и летучие органические соединения (ЛОС) – 13–15 %. В 2017 г. на долю обезвреженных загрязняющих веществ приходилось около 0,7 % от общего количества отходящих от всех стационарных источников выбросов. Наибольший вклад в общий объем выбросов загрязняющих веществ за период 2014–2022 гг. вносит добыча полезных ископаемых (70–80 %). На втором месте транспортировка и хранение (15–20 %).

*Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.*

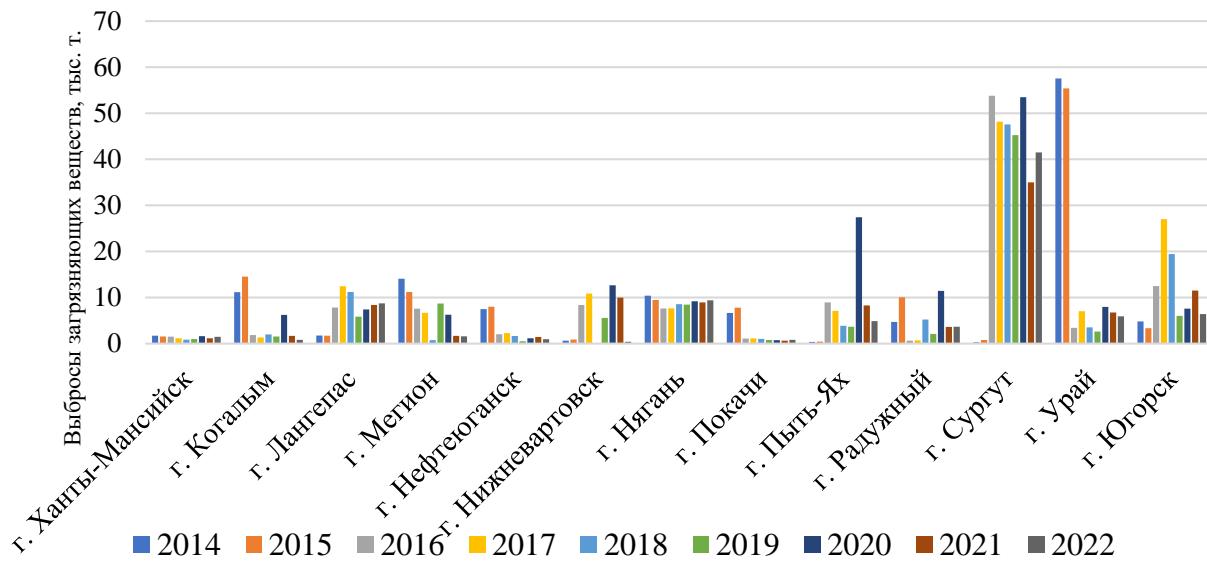


Рис. 8. Динамика объемов загрязняющих веществ от стационарных источников в ХМАО – Югре с 2014 по 2022 г. Составлено авторами по: [7]

Fig. 8. Volume dynamics of pollutants from stationary sources in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra from 2014 to 2022. Compiled by the authors based on [7]

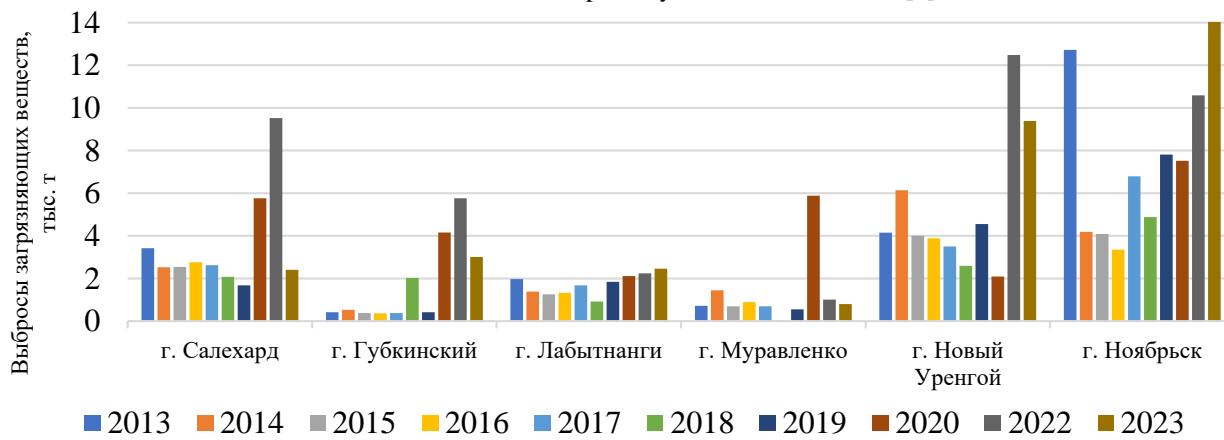


Рис. 9. Динамика объемов загрязняющих веществ от стационарных источников в ЯНАО с 2013 по 2023 г.
Составлено авторами по: [8]

Fig. 9. Volume dynamics of pollutants from stationary sources in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug from 2013 to 2023. Compiled by the authors based on [8]

Лидирующие позиции по выбросам в атмосферу занимают гг. Новый Уренгой и Ноябрьск, имеющие более высокую численность населения и занимающие особое положение в процессе добычи и транспортировки углеводородного сырья. Кроме того, постепенно увеличивается валовый выброс загрязняющих веществ в г. Салехарде за счет организаций, осуществляющих производство и распределение энергии, газа и воды (в данном случае это является следствием роста административного центра округа).

Что касается доли выбросов непосредственно предприятиями топливно-энергетического комплекса, то за 2014–2019 гг. она составила 91 % от объема всех выбросов в ЯНАО (более 500 тыс. т ежегодно). Именно промышленное освоение Ямала, связанное с вводом в эксплуатацию новых месторождений газа, стало причиной последовательного роста объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с 2016–2023 гг. Только в 2022 г. на государственный учет поставлено 269 новых объектов негативного воздействия, имеющих стационарные источники выбросов. Значительная часть новых источников располагается непосредственно в промышленной зоне крупных агломераций нефтегазовых городов.

Существующие вызовы или риски ресурсного города

Нефтегазовые города, как и другие ресурсные города, уязвимы с точки зрения динамики промышленного производства (конъюнктуры спроса) и доступности природных ресурсов [44]. Ключевым теоретическим вопросом в данном отношении является оценка устойчивости и предельного срока продолжительности существования нефтегазовых городов.

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Жизнестойкость города зависит от множества факторов, включая экономические условия, успешность диверсификации и наличие государственной поддержки. Ключевым критерием для определения временных рамок существования нефтегазовых городов является продолжительность промышленной эксплуатации нефтегазового месторождения, которая в среднем составляет 45 лет [12].

В рамках данной работы на основе типового цикла разработки нефтегазового месторождения [12] построена прогнозная модель развития нефтегазовых городов (на примере ХМАО – Югры). Представленная схема (рис. 10) наглядно показывает, что период развития и стабильности городов рассматриваемого региона закончился ориентировочно в конце 2000-х гг. В настоящее время постепенное снижение добычи нефти и широкое внедрение вахтового метода освоения месторождений не согласуется с трендом увеличения численности населения (прежде всего городского). Можно предположить, что через некоторое время, по мере истощения основных запасов углеводородов, начнется стихийная стабилизация и балансировка численности населения в нефтегазовых городах ХМАО – Югры (прежде всего в малых городах «второй волны»). Тем не менее это не отменяет необходимости учета неизбежного ухудшения ресурсной базы при разработке долгосрочных планов развития городов. Подобную тенденцию в целом можно экстраполировать и на нефтегазовые города ЯНАО.

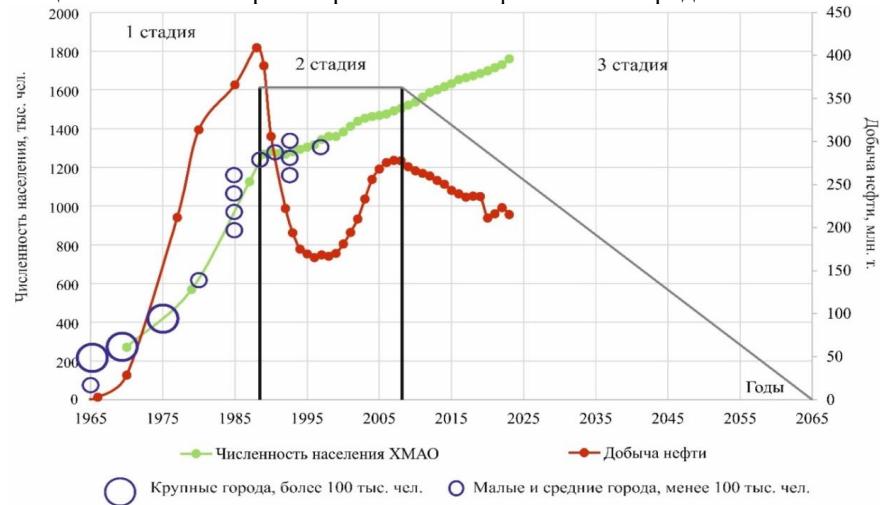


Рис. 10. Типовой цикл разработки нефтегазового месторождения относительно динамики численности населения и добычи нефти в ХМАО – Югре. Составлено авторами по: [26, 28]

Fig. 10. A typical cycle of an oil and gas field development in relation to the population and oil production dynamics in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. Compiled by the authors based on [26; 28]

В связи с очевидным исчерпанием нефтегазовых ресурсов Правительство ХМАО – Югры в 2015 г. утвердило концепцию промышленной политики, где отражены конкретные меры и механизмы, направленные на повышение инвестиционной привлекательности крупных проектов в промышленной сфере, развитие промышленной инфраструктуры (индустриальных парков) и предпринимательской инициативы [15, 26]. Детальный анализ концепции и стратегий социально-экономического развития ХМАО – Югры и ЯНАО [31, 32], а также стратегий развития отдельных городских поселений показывает, что в документах зачастую адекватно описываются риски истощения ресурсной базы, миграционного оттока и зависимости от глобальной конъюнктуры. Однако предлагаемые способы преодоления ресурсной зависимости носят общий характер, предполагающий сценарий «мягкой адаптации» без явных структурных изменений. Для превращения стратегий в реальный инструмент управляемой трансформации могли бы быть рассмотрены такие меры, как:

- законодательное закрепление механизмов северной ренты с обязательными отчислениями в региональные стабфонды;
- программа управляемой мобильности населения с компенсационными пакетами и координацией между донорскими и принимающими регионами;
- привязка показателей развития городской инфраструктуры к жизненному циклу разработки окружающих месторождений;
- совместные с добывающими компаниями программы по переквалификации персонала и диверсификации хозяйственной деятельности.

Можно предположить, что сохранение выявленных экономических и демографических тенденций без реализации целенаправленной стратегии приведет к центростремительному росту нескольких крупных агломераций (Сургут, Ханты-Мансийск, Ноябрьск), где стихийно сконцентрируются сервисные, образовательные, медицинские, административные функции. В то же время небольшие города второй волны могут оказаться менее востребованы предприятиями добывающей промышленности в связи с истощением ближайших месторождений и более эффективным вахтовым способом освоения новых участков в соседних регионах (например, Ванкорское и другие месторождения Красноярского края).

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

В России существуют наглядные примеры значительного сокращения жителей ресурсных городов из-за прекращения добычи полезных ископаемых. В частности, население Воркуты в связи со спадом в угольной промышленности сократилось с 1991 г. на 56 % [45]. Однако более наглядным объектом для сравнения являются нефтегазовые моногорода канадской провинции Альберта, сформировавшиеся вокруг добычи битуминозных песков Атабаска. В частности, на примере города Форт Мак-Мюррей хорошо прослеживаются выявленные ранее признаки [41; 46]:

- зависимость от волатильности глобальных цен на нефть (масштабные сокращения инвестиций и увольнения в 2014–2016 гг.);
- демографические диспропорции (высокая доля молодых мужчин);
- экологические проблемы, связанные с загрязнением воздуха (твердые частицы) и водных объектов (полициклические углеводороды).

Основные отличия от городов ХМАО – Югры и ЯНАО связаны с механизмами управления и распределения нефтегазовых доходов. В Канаде за провинциями закреплены исключительные права в сфере невозобновляемых природных ресурсов и электроэнергетики, включая права налогообложения относительно первичной добычи [37]. Данный подход создает основу для формирования провинциями собственных регуляторных режимов и фискальных инструментов. Другими словами, Альберта выступает ключевым фактором ресурсной политики, имея возможности выстраивать долгосрочные целевые взаимоотношения с муниципалитетами вне зависимости от избирательных циклов. Кроме того, канадские города непосредственно взимают налог на недвижимость (property tax) со всей промышленной инфраструктуры нефтегазовых компаний, расположенной на их территории, который формирует 50–70 % доходов муниципального бюджета [42].

В городах ХМАО – Югры и ЯНАО, по данным Единого портала бюджетной системы РФ [9], основным источником пополнения бюджетов являются дотации, субсидии, субвенции и иные межбюджетные трансферты. В частности, по состоянию на конец октября 2025 г. безвозмездные поступления в бюджете Когалыма составляют 57 %, Нового Уренгоя – 67 %. Данный подход снижает прямую зависимость городов от рисков снижения добычи. С другой стороны, возникает институциональный разрыв между добывающими компаниями и городским бюджетом, который на практике восполняется неформализованными практиками дополнительного корпоративного финансирования городских нужд (строительство социальных объектов, проведение культурных мероприятий и т.п.).

Несмотря на относительную финансовую устойчивость и самостоятельность канадских нефтегазовых городов, прогнозные исследования показывают, что города, которые в настоящее время не инициируют проактивную позицию инфраструктурной трансформации на основе получаемых сверхдоходов, имеют высокий риск перехода в необратимую fazu экономической и демографической деградации [43]. В этом отношении централизация доходов от добычи нефти и газа в России препятствует созданию на уровне муниципалитетов локальных стимулов для диверсификации промышленности и социальной мобильности.

Таким образом, устойчивость и жизнестойкость нефтегазовых городов в северных регионах определяется не только объемом доступных ресурсов и показателями промышленного производства (стадия разработки месторождения), но и механизмами перераспределения природной ренты, определяющими уровень экономической самостоятельности городских муниципалитетов. Важную роль играют также исторически обусловленная конкуренция с вахтовым способом добычи и наличие дополнительных несырьевых стимулов («якорей») для привлечения жителей. Выявление конкретных критериев устойчивости и разработка возможных сценариев развития российских нефтегазовых городов в северных регионах составляют предмет дальнейших детальных исследований на примере отдельных объектов.

Выводы

Проведенное на примере севера Западной Сибири исследование показало, что «нефтегазовый город» как отдельный тип поселений моноотраслевой специализации имеет ряд устойчивых признаков:

- наличие исторических предпосылок, связанных с централизованной системой принятия решений и отсутствием научного обоснования генерального планирования;
- привязка к ресурсной базе вновь открываемых месторождений нефти и газа, что отражается на пространственной структуре городских функциональных зон;
- экономическая зависимость от рыночной конъюнктуры спроса на добываемые ресурсы через дотации из административных центров;
- повышенная доля трудоспособного населения и положительные показатели трудовой миграции;
- доминирующее влияние объектов нефтегазовой промышленности на загрязнение воздуха и в целом на экологическую обстановку в пределах компактных селитебных зон нефтегазовых городов;
- долгосрочная неустойчивость, определяемая неизбежным истощением нефтегазовых месторождений и пространственной удаленностью от основных экономически развитых регионов страны.

Формализация и расширение перечня выделенных признаков требует дополнительного детального изучения. Предполагается, что дальнейшие исследования в данном направлении позволят сформировать набор базовых показателей, с помощью которых станет возможным проводить оценку устойчивости нефтегазовых городов. Проведение подобных оценок и прогнозов можно рассматривать в качестве значимого информационного дополнения при обосновании приоритетов городского развития на ближайшие 40–50 лет.

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

Библиографический список

1. База данных «Показатели муниципальных образований (БД ПМО)». URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/71511> (дата обращения: 22.10.2025)
2. Габдрахманов Н.К. Молодежная миграция как индикатор региональной аттрактивности // Географический вестник. 2020. № 1 (52). С. 96–107. DOI: 10.17072/2079-7877-2020-1-96-107 EDN: AYKZMT
3. Гаврилова Н.Ю. Социальное развитие нефтегазодобывающих районов Западной Сибири (1964–1985 гг.). Тюмень: Нефтегазовый ун-т, 2002. 282 с.
4. Горева О.М., Осипова Л.Б. Анализ миграционных процессов в ханты-мансийском автономном округе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 1517. EDN: VIFABT
5. Добывающие нефтегазовые компании Ямalo-Ненецкого автономного округа. URL: <https://energybase.ru/region/yamalo-nenecij-avtonomnij-okrug/upstream?ysclid=m38gr5qdva900240417&page=1#companies-tab> (дата обращения: 08.11.2024)
6. Добывающие нефтегазовые компании Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. URL: <https://energybase.ru/region/hanty-mansijskij-avtonomnij-okrug-yugra/upstream?ysclid=m397ad1olh561296251&page=2#companies-tab> (дата обращения: 08.11.2024)
7. Доклад об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югры в 2014–2022 года. URL: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchetы/> (дата обращения: 04.11.2024)
8. Доклад об экологической ситуации в Ямalo-Ненецком автономном округе в 2013–2023 годах. URL: <https://dprr.yanao.ru/activity/3469/> (дата обращения: 04.11.2024)
9. Единый портал бюджетной системы Российской Федерации. Электронный бюджет. URL: <https://budget.gov.ru/> (дата обращения: 22.10.2025)
10. Замятина Н.Ю., Гончаров Р.В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 4. С. 69–82. EDN: NJLBXR
11. Замятина Н.Ю., Медведков А.А., Поляченко А.Е., Шамало И.А. Жизнестойкость арктических городов: анализ подходов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65, № 3. С. 481–505. DOI: 10.21638/spbu07.2020.305 EDN: SGXXVQ
12. Запивалов Н.П. Сколько жить нефтяному месторождению // Георесурсы. 2012. № 1 (43). С. 2–5. EDN: NMICAP
13. Индекс качества городской среды. URL: <https://xn---dtbcccctsypabxk.xn--p1ai/#regions/764> (дата обращения: 20.10.2025)
14. Корчак Е.А. Процессы формирования трудового потенциала северных регионов России в исторической перспективе // Фундаментальные исследования. 2017. № 9-1. С. 195–199. EDN: ZHVMJF
15. Красноярова Б.А., Платонова С.Г., Шарабарина С.Н., Скрипко В.В., Архипова И.В. Природно-хозяйственное районирование Западной Сибири // Географический вестник. 2018. № 1 (44). С. 64–72. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-1-64-72 EDN: YVORFW
16. Кулай С.В. Зарубежный опыт модернизации и реструктуризации экономики моногородов // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 73. С. 224–248. EDN: ZHCGZV
17. Куриков В.М., Наумов С.А. Диверсификация и модернизация экономики нефтегазодобывающего региона (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры) // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2011. № 2 (119). С. 55–62. EDN: NTSDBF
18. Курятников В.Н. Из истории возникновения и развития городов в Западной Сибири на примере г. Муравленко // Северный регион: наука, образование, культура. 2016. № 2 (34). С. 81–84. EDN: XCDKPV
19. Ларченко Л.В., Колесников Р.А. Развитие центров добычи углеводородов севера и Арктики (на примере Ямalo-Ненецкого автономного округа) // Региональная экономика и развитие территорий: сборник научных статей. СПб: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2017. Т. 1 (11). С. 13–16. EDN: YLELXT
20. Логинов В.Г., Игнатьева М.Н. Нефтегазовые города Уральского Севера: ретроспективный анализ // Города нового времени: система GLASS: сборник научных статей. Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2023. С. 140–150. DOI: 10.17059/rec-2023-2-4 EDN: OBSXTQ
21. Марягин В.М., Часовский В.И. Северные города России: географические особенности и современные подходы к исследованию // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 2023. № 3. С. 24–39. DOI: 10.5922/gikbfu-2023-3-2 EDN: SMDDMOQ
22. Меерович М.Г. Советские моногорода: история возникновения и специфика // Вестник Кемеровского государственного университета. 2018. № 1 (73). С. 53–65. DOI: 10.21603/2078-8975-2018-1-53-65 EDN: LBICUH
23. Мочалин М.С. Урбанизация Ямала во второй половине XX века (на примере города Новый Уренгой) // Северный регион: наука, образование, культура. 2022. № 4 (52). С. 93–99. DOI: 10.34822/2312-377X-2022-4-93-99 EDN: ZYSWRB
24. Пивоваров Ю.Л. Основы геоурбанистики. М.: ВЛАДОС, 1999. 232 с.
25. Пилисов А.Н., Молодцова В.А. Жизнестойкость арктических городов России: методологические подходы и количественные оценки // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2021. № 2 (48). С. 5–26. DOI: 10.19110/1994-5655-2021-2-5-26 EDN: PRORAK
26. Постановление Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 29 декабря 2015 года № 519-п «О Концепции промышленной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры».
27. Смирнов И.П. Средние города как опорные центры развития территории // Региональные исследования. 2015. № 3 (49). С. 116–121. EDN: VBLTMZ
28. Соловьев А.Ю. География Тюменской области: нефтяная и газовая промышленность. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2020. 440 с.
29. Стась И.Н. Сургут: образы и пространства «нефтяного города» // Культурная и гуманитарная география. 2013. Т. 2, № 1. С. 18–27. EDN: PXBAYV
30. Стась И.Н. Рождение нефтяных городов Ханты-Мансийского округа в период нефтегазового освоения Тюменской области // Архитектура и строительство России: научно-практический и культурно-просветительский журнал. М., 2013. № 6. С. 30–40. EDN: QBIRPR
31. Стратегия социально-экономического развития Ямalo-Ненецкого автономного округа на период до 2035 года. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/8f625fc17c793fe19282005c51294d88/proekt_strategii.pdf?ysclid=m2al2y8ck4600014342 (дата обращения: 07.11.2024)
32. Стратегия социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2050 года. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/8c50d514e180469f4d2f261ef3677c0f/proekt_strategii.pdf?ysclid=m45shswott378223513 (дата обращения: 07.11.2024)

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

33. Управление Федеральной службы государственной статистики по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и Ямало-Ненецкому автономному округу (Тюменьстат). URL: <https://72.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 04.11.2024)
34. Фаузер В.В., Смирнов А.В. Российская Арктика: от острогов к городским агломерациям // ЭКО. 2018. № 7 (529). С. 112–130. EDN: XTFDYD
35. Фаузер В.В., Смирнов А.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Методика определения опорных поселений российской Арктики // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, №. 5. С. 25–43. DOI: 10.15838/esc.2019.5.65.2 EDN: PWUDIP
36. Фаузер В.В., Смирнов А.В., Лыткина Т.С., Фаузер Г.Н. Городские агломерации в системе расселения Севера России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14, № 4. С. 77–96. DOI: 10.15838/esc.2021.4.76.5 EDN: GWLIUP
37. Cairns R.D., Chandler M.A., Moull W.D. The Resource Amendment (Section 92A) and the Political Economy of Canadian Federalism // Osgoode Hall Law Journal. 1985. Vol. 23, No 2. P. 253–274. DOI: 10.60082/2817-5069.1901
38. Czamanski D., Broitman D. The life cycle of cities // Habitat international. 2018. Vol. 72. P. 100–108.
39. Freudenburg W.R. Addictive economies: extractive industries and vulnerable localities in a changing world economy // Rural Sociology. 1992. Vol. 57, No. 3. P. 305–332. EDN: HKJNGT
40. Gilmore J.S. Boom Towns May Hinder Energy Resource Development: Isolated rural communities cannot handle sudden industrialization and growth without help // Science. 1976. Vol. 191, No. 4227. P. 535–540.
41. Gosselin P., Hruday S.E., Naeth M.A., Plourde A., Therrien R., Van Der Kraak G., Xu Z. Environmental and health impacts of Canada's oil sands industry. Royal Society of Canada. Ottawa. 2010. Vol. 10.
42. Government of Alberta. Municipal Affairs: Assessment and Taxation. Industrial Property Assessment. URL: <https://www.alberta.ca/designated-industrial-property-assessment> (дата обращения: 22.10.2025)
43. Government of Canada. Canada's energy future 2021: Energy supply and demand projections to 2050. URL: <https://open.canada.ca/data/en/dataset/5a6abd9d-d343-41ef-a525-7a1efb686300> (дата обращения: 22.10.2025)
44. Hayter R. Single industry resource towns // A companion to economic geography. 2017. P. 290–307.
45. Huang L., Wu J., Yan L. Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators // Landscape ecology. 2015. Vol. 30. P. 1175–1193. DOI: 10.1007/s10980-015-0208-2 EDN: TNQDDO
46. Lucas R. Minetown, milltown, railtown: Life in Canadian communities of single industry. University of Toronto Press, 1971.
47. Randall J.E., Ironside R.G. Communities on the Edge: An Economic Geography of Resource-Dependent Communities in Canada // The Canadian Geographer (Le Géographe canadien). No. 40 (1). P. 17–35. 1996. DOI: 10.1111/j.1541-0064.1996.tb00430.x

References

1. Baza dannyykh «Pokazateli munitsipal'nykh obrazovanij (BD PMO)» [Database «Indicators of Municipal Formations (BD PMO)»]. Available at: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/71511> (date of access: 22.10.2025). (in Russian)
2. Gabdrakhmanov N.K. (2020) Molodezhnaya migraciya kak indikator regional'noj attraktivnosti [Youth migration as an indicator of regional attractiveness]. Geograficheskij vestnik [Geographical Bulletin], no. 1(52), pp. 96–107. DOI: 10.17072/2079-7877-2020-1-96-107. (in Russian)
3. Gavrilova N.Yu. (2002) Sotsial'noe razvitiye neftegazodobyvayushchikh rayonov Zapadnoj Sibiri (1964–1985 gg.) [Social development of oil and gas producing regions of Western Siberia (1964–1985)]. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University. 282 p. (in Russian)
4. Goreva O.M., Osipova L.B. (2015) Analiz migratsionnykh protsessov v Khanty-Mansijskom avtonomnom okruge [Analysis of migration processes in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education], no. 1-1, p. 1517. (in Russian)
5. Dobivayushchie neftegazovye kompanii Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga [Extractive oil and gas companies of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. Available at: <https://energybase.ru/region/yamalo-neneckij-avtomomnyj-okrug/up-stream?ysclid=m38rp5qdva900240417&page=1#companies-tab> (data of access: 08.11.2024). (in Russian)
6. Dobivayushchie neftegazovye kompanii Khanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugra [Extractive oil and gas companies of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. Available at: <https://energybase.ru/region/hanty-mansijskij-avtomomnyj-okrug-yugra/up-stream?ysclid=m397ad1olh561296251&page=2#companies-tab> (data of access: 08.11.2024). (in Russian)
7. Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Khanty-Mansijskom avtonomnom okruge – Yugre v 2014–2022 godakh [Report on the environmental situation in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra in 2014–2022]. Available at: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchety/> (data of access: 04.11.2024). (in Russian)
8. Doklad ob ekologicheskoy situatsii v Yamalo-Neneckom avtonomnom okruge v 2013–2023 godakh [Report on the environmental situation in the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug in 2013–2023]. Available at: <https://dprr.yanao.ru/activity/3469/> (data of access: 04.11.2024). (in Russian)
9. Edinyj portal byudzhetnoj sistemy Rossijskoj Federatsii. Elektronnyj byudzhet [Unified Portal of the Budget System of the Russian Federation. Electronic Budget]. Available at: <https://budget.gov.ru/> (data of access: 22.10.2025). (in Russian)
10. Zamyatina N.Yu., Goncharov R.V. (2020) Arkticheskaya urbanizatsiya: fenomen i sravnitel'nyj analiz [Arctic urbanization: phenomenon and comparative analysis]. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya [Moscow University Bulletin. Series 5: Geography], no. 4, pp. 69–82. (in Russian)
11. IZamyatina N.Yu., Medvedkov A.A., Polyachenko A.E., Shamalo I.A. (2020) Zhiznestojkost' arkticheskikh gorodov: analiz podkhodov [Resilience of Arctic cities: analysis of approaches]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle [Bulletin of Saint Petersburg University. Earth Sciences], vol. 65, no. 3, pp. 481–505. DOI: 10.21638/spbu07.2020.305. (in Russian)
12. Zapivalov N.P. (2012) Skol'ko zhit' neftyanomu mestorozhdeniyu [How long an oil field can live]. Georesursy [Georesources], no. 1(43), pp. 2–5. (in Russian)
13. Indeks kachestva gorodskoj sredy [Urban Environment Quality Index]. Available at: <https://xn----dtbcccdtsypabx.xn--p1ai/#/regions/764> (data of access: 20.10.2025). (in Russian)
14. Korchak E.A. (2017) Protsessy formirovaniya trudovogo potentsiala severnykh regionov Rossii v istoricheskoy perspektive [Processes of labor potential formation in the northern regions of Russia in historical perspective]. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental Research], no. 9-1, pp. 195–199. (in Russian)
15. Krasnoyarova B.A., Platonova S.G., Sharabrina S.N., Skripko V.V., Arkhipova I.V. (2018) Prirodno-khozyajstvennoe rajonirovaniye Zapadnoj Sibiri [Natural and economic zoning of Western Siberia]. Geograficheskij vestnik [Geographical Bulletin], no. 1(44), pp. 64–72. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-1-64-72. (in Russian)
16. Kulay S.V. (2019) Zarubezhnyj opyt modernizatsii i restrukturizatsii ekonomiki monogorodov [Foreign experience in modernization and restructuring of single-industry towns]. Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik [Public Administration. E-journal], no. 73, pp. 224–248. (in Russian)

*Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.*

17. Kurikov V.M., Naumov S.A. (2011) Diversifikatsiya i modernizatsiya ekonomiki neftegazodobyayushchego regiona (na primere Khanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry) [Diversification and modernization of the economy of an oil and gas producing region (case of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra)]. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki [Scientific and Technical Bulletin of SPbSPU. Economic Sciences], no. 2(119), pp. 55–62. (in Russian)
18. Kuryatnikov V.N. (2016) Iz istorii vozniknoveniya i razvitiya gorodov v Zapadnoj Sibiri na primere g. Muravlenko [On the history of the emergence and development of cities in Western Siberia: the case of Muravlenko]. Severnyj region: nauka, obrazovanie, kul'tura [Northern Region: Science, Education, Culture], no. 2(34), pp. 81–84. (in Russian)
19. Larchenko L.V., Kolesnikov R.A. (2017) Razvitiye tsentrov dobychi ulyevodorodov severa i Arktiki (na primere Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga) [Development of hydrocarbon production centers in the North and the Arctic: case of the Yamal-Nenets Autonomous Okrug]. Regional'naya ekonomika i razvitiye territorij: sbornik nauchnykh statej [Regional Economy and Territorial Development: Collection of Scientific Papers], vol. 1(11), pp. 13–16. Saint Petersburg: GUAP. (in Russian)
20. Loginov V.G., Ignat'eva M.N. (2023) Neftegazovye goroda Ural'skogo Severa: retrospektivnyj analiz [Oil and gas cities of the Ural North: a retrospective analysis]. Goroda novogo vremeni: sistema GLASS [Cities of the New Era: GLASS System], pp. 140–150. Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of RAS. DOI: 10.17059/rec-2023-2-4. (in Russian)
21. Maryakhin V.M., Chasovskij V.I. (2023) Severnye goroda Rossii: geograficheskie osobennosti i sovremenneye podkhody k issledovaniju [Northern cities of Russia: geographical features and modern research approaches]. Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennye i meditsinskie nauki [IKBFU Bulletin. Series: Natural and Medical Sciences], no. 3, pp. 24–39. DOI: 10.5922/gikbfu-2023-3-2. (in Russian)
22. Meerovich M.G. (2018) Sovetskije monogoroda: istorija vozniknovenija i spetsifika [Soviet single-industry towns: history and specifics]. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Kemerovo State University], no. 1(73), pp. 53–65. DOI: 10.21603/2078-8975-2018-1-53-65. (in Russian)
23. Mochalin M.S. (2022) Urbanizatsiya Yamala vo vtoroj polovine XX veka (na primere goroda Novyj Urengoj) [Urbanization of Yamal in the second half of the 20th century: the case of Novy Urengoy]. Severnyj region: nauka, obrazovanie, kul'tura [Northern Region: Science, Education, Culture], no. 4(52), pp. 93–99. DOI: 10.34822/2312-377X-2022-4-93-99. (in Russian)
24. Pivovarov Yu.L. (1999) Osnovy geourbanistiki [Fundamentals of Geo-urbanistics]. Moscow: VLADOS. 232 p. (in Russian)
25. Pilyasov A.N., Molodtsova V.A. (2021) Zhiznestojkost' arkticheskikh gorodov Rossii: metodologicheskie podkhody i kolichestvennye otsevki [Resilience of Arctic cities in Russia: methodological approaches and quantitative assessments]. Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN [Proceedings of the Komi Science Centre of Ural Branch RAS], no. 2(48), pp. 5–26. (in Russian)
26. Postanovlenie Pravitel'stva Khanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry ot 29 dekabrya 2015 goda №519-p «O Konseptsiy promyshlennoj politiki Khanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry» [Decree of the Government of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra No. 519-p of 29 December 2015 «On the Concept of Industrial Policy】. (in Russian)
27. Smirnov I.P. (2015) Srednie goroda kak opornyje tsentry razvitiya territorij [Medium-sized cities as supporting centers of territorial development]. Regional'nye issledovaniya [Regional Studies], no. 3(49), pp. 116–121. (in Russian)
28. Solodovnikov A.Yu. (2020) Geografiya Tyumenskoj oblasti: neftyanaya i gazovaya promyshlennost' [Geography of the Tyumen Region: Oil and Gas Industry]. Tyumen: Tyumen State University Press. 440 p. (in Russian)
29. Stas' I.N. (2013) Surgut: obrazy i prostranstva «neftyanogo goroda» [Surgut: images and spaces of an “oil city”]. Kul'turnaya i gumanitarnaya geografiya [Cultural and Humanitarian Geography], vol. 2, no. 1, pp. 18–27. (in Russian)
30. Stas' I.N. (2013) Rozhdenie neftyanyh gorodov Khanty-Mansijskogo okruga v period neftegazovogo osvoeniya Tyumenskoj oblasti [Birth of oil cities in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug during the oil and gas development of the Tyumen Region]. Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii [Architecture and Construction of Russia], no. 6, pp. 30–40. (in Russian)
31. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga na period do 2035 goda [Strategy for the Socio-economic Development of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug up to 2035]. Available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/8f625fc17c793fe19282005c51294d88/proekt_strategii.pdf (data of access: 07.11.2024). (in Russian)
32. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Khanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga – Yugry do 2050 goda [Strategy for the Socio-economic Development of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra up to 2050]. Available at: https://www.economy.gov.ru/material/file/8c50d514e180469f4d2f261ef3677c0f/proekt_strategii.pdf (data of access: 07.11.2024). (in Russian)
33. Upravlenie Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Tyumenskoj oblasti, Khanty-Mansijskomu avtonomnomu okrugu – Yugre i Yamalo-Neneckomu avtonomnomu okrugu (Tyumenstat) [Federal State Statistics Service for the Tyumen Region, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (Tyumenstat)]. Available at: <https://72.rosstat.gov.ru/> (data of access: 04.11.2024). (in Russian)
34. Fauzer V.V., Smirnov A.V. (2018) Rossijskaya Arktika: ot ocrporov k gorodskim aglomeratsiyam [Russian Arctic: from forts to urban agglomerations]. EKO, no. 7(529), pp. 112–130. (in Russian)
35. Fauzer V.V., Smirnov A.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. (2019) Metodika opredeleniya opornykh poselenij rossijskoj Arktiki [Methodology for identifying key settlements of the Russian Arctic]. Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], vol. 12, no. 5, pp. 25–43. DOI: 10.15838/esc.2019.5.65.2. (in Russian)
36. Fauzer V.V., Smirnov A.V., Lytkina T.S., Fauzer G.N. (2021) Gorodskie aglomeratsii v sisteme rasseleniya Severa Rossii [Urban agglomerations in the settlement system of the Russian North]. Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], vol. 14, no. 4, pp. 77–96. DOI: 10.15838/esc.2021.4.76.5. (in Russian)
37. Cairns R.D., Chandler M.A., Moull W.D. The Resource Amendment (Section 92A) and the Political Economy of Canadian Federalism // Osgoode Hall Law Journal. 1985. Vol. 23. No 2. pp. 253–274. DOI: 10.60082/2817-5069.1901
38. Czamanski D., Broitman D. The life cycle of cities // Habitat international. 2018. Vol. 72. pp. 100–108.
39. Freudenburg W.R. Addictive economies: extractive industries and vulnerable localities in a changing world economy // Rural Sociology. 1992. Vol. 57. No. 3. pp. 305–332.
40. Gilmore J.S. Boom Towns May Hinder Energy Resource Development: Isolated rural communities cannot handle sudden industrialization and growth without help // Science. 1976. Vol. 191. No. 4227. pp. 535–540.
41. Gosselin P., Hrudey S.E., Naeth M.A., Plourde A., Therrien R., Van Der Kraak G., Xu Z. Environmental and health impacts of Canada's oil sands industry. Royal Society of Canada. Ottawa. 2010. Vol. 10.
42. Government of Alberta. Municipal Affairs: Assessment and Taxation. Industrial Property. Assessment Available at: <https://www.alberta.ca/designated-industrial-property-assessment> (data of access: 22.10.2025)
43. Government of Canada. Canada's energy future 2021: Energy supply and demand projections to 2050. Available at: <https://open.canada.ca/data/en/dataset/5a6abd9d-d343-41ef-a525-7a1efb686300> (data of access: 22.10.2025)

Экономическая, социальная и политическая география
Сизов О.С., Елисеева Е.А., Жаркова В.В., Лобжанидзе Н.Е.

44. Hayter R. Single industry resource towns // A companion to economic geography. 2017. pp. 290-307.
 45. Huang L., Wu J., Yan L. Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators // Landscape ecology. 2015. Vol. 30. pp. 1175-1193.
 46. Lucas R. Minetown, milltown, raitown: Life in Canadian communities of single industry. University of Toronto Press. 1971.
 47. Randall J.E., Ironside R.G. Communities on the Edge: An Economic Geography of Resource-Dependent Communities in Canada // The Canadian Geographer (Le Géographe canadien). 40(1): pp. 17–35. 1996. DOI: 10.1111/j.1541-0064.1996.tb00430.x

Статья поступила в редакцию: 21.01.25, одобрена после рецензирования: 09.11.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 January 2025; approved after review: 9 November 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Олег Сергеевич Сизов

кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеокриологии и исторической геоэкологии Института криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН
625026, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86

Елизавета Антоновна Елисеева

Аспирант кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина
119991, Москва, Ленинский пр-т., 65

Владислава Владимировна Жаркова

Аспирант кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина
119991, Москва, Ленинский пр-т., 65

Наталья Евгеньевна Лобжанидзе

кандидат педагогических наук, доцент кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина
119991, Москва, Ленинский пр-т., 65

Information about the authors

Oleg S. Sizov

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Paleocryology and Historical Geoecology, Institute of Earth Cryosphere, Tyumen Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

86, Malygina st., Tyumen, 625026, Russia

e-mail: kabanin@yandex.ru

Elizaveta A. Eliseeva

Postgraduate Student, Department of Geoecology, Gubkin University;
65, Leninsky prospekt, Moscow, 119991, Russia

email: EAElizaveta11@yandex.ru

Vladislava V. Zharkova

Postgraduate Student, Department of Geoecology, Gubkin University;
65, Leninsky prospekt, Moscow, 119991, Russia

e-mail: zharkova.v@gubkin.ru

Natalia E. Lobzhanidze

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology, Gubkin University;
65, Leninsky prospekt, Moscow, 119991, Russia

e-mail: burgasova@yandex.ru

Вклад авторов

Сизов О.С. – формулировка идеи и задач исследования, сбор и обработка материала, подготовка графиков, написание и научное редактирование текста.

Елисеева Е.А. – сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций, написание текста.

Жаркова В.В. – сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций.

Лобжанидзе Н.Е. – сбор и обработка материала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Oleg S. Sizov – formulation of the research concept and objectives; data collection and processing; preparation of graphs; writing and scientific editing of the text.

Elizaveta A. Eliseeva – data collection and processing; preparation of illustrations; writing of the text.

Vladislava V. Zharkova – data collection and processing; preparation of illustrations.

Natalia E. Lobzhanidze – data collection and processing.

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

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.583, 632.11

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104

EDN: TRWZNH



ОЦЕНКА АТМОСФЕРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

**Антон Владимирович Головин¹, Елена Сергеевна Орлова², Виктор Фёдорович Резников³,
Михаил Сергеевич Губарев⁴, Ирина Дмитриевна Рыбкина⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, г. Барнаул, Россия

¹ golovin.anton.vl@gmail.com, Scopus Author ID: 58295525000, РИНЦ Author ID: 1156294

² morana-11@mail.ru, РИНЦ Author ID: 231014

³ rvf@iwep.ru, РИНЦ Author ID: 602357

⁴ maik1980@bk.ru, РИНЦ Author ID: 602558

⁵ irina.rybkina@mail.ru, Scopus Author ID: 55949918000, Researcher ID: A-8973-2016, РИНЦ Author ID: 424585

Аннотация. В статье приводятся оценка атмосферных климатических рисков и анализ их влияния на экономику Алтайского края. На основе данных Росгидромета (1966–2020 гг.) выполнены расчеты частоты возникновения опасных и неблагоприятных явлений, формирующих климатические риски, и определены статистически значимые (по критерию Стьюдента) тенденции их изменения. Установлено достоверное уменьшение числа дней с очень сильным и ураганным ветром, увеличение числа случаев с суховеями, сильной жарой. Показано, что за счет увеличения продолжительности теплого периода чаще начали наблюдаться грозы и град, по востоку края увеличилась частота возникновения туманов и изморози. Наибольшую угрозу для экономики, населения и природной среды Алтайского края представляют климатические риски, имеющие максимальную степень интенсивности и проявления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода. На территории Алтайского края наивысшая вероятность возникновения атмосферных климатических рисков отмечена на метеостанции Бийск-Зональная как в теплый, так и холодный период. Здесь чаще всего наблюдаются аномально холодная погода, град, туман, мокрый снег и ледяной дождь. Наименьшая вероятность проявления рисков – на метеостанции Камень-на-Оби. Сельское хозяйство как основная отрасль специализации Алтайского края наиболее подвержено проявлению рисков. Интенсивные засухи и суховеи, длительная жара, ветер, природные пожары, град и т.д. значительно снижают всхожесть и урожайность сельскохозяйственных культур, а при совместном влиянии могут привести к гибели посевов. В целом комплекс опасных и неблагоприятных метеоявлений влияет на все отрасли экономики, что приводит к большим финансовым затратам на их адаптацию к климатическим изменениям.

Ключевые слова: опасные и неблагоприятные метеорологические явления, климатические изменения, влияние на отрасли

Финансирование. Исследование выполнено в рамках договорной научно-исследовательской работы по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» (рег. № 122112800045-2) и бюджетной тематики Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (FUFZ-2021-0002).

Для цитирования: Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д. Оценка атмосферных климатических рисков и их влияние на экономику Алтайского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 95–104. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104 EDN: TRWZNH

METEOROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104

EDN: TRWZNH

ASSESSMENT OF ATMOSPHERIC CLIMATE RISKS AND THEIR IMPACT THE ECONOMY OF ALTAI KRAI

Anton V. Golovin¹, Elena S. Orlova², Victor F. Reznikov³, Mikhail. S. Gubarev⁴, Irina D. Rybkina⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Institute for Water and Environmental Problems, SB RAS, Barnaul, Russia

¹ golovin.anton.vl@gmail.com, Scopus Author ID: 58295525000, RINTs Author ID: 1156294

² morana-11@mail.ru, RINTs Author ID: 231014



© Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д. распространяется по лицензии CC BY 4.0. Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

³rvf@iwep.ru, RINTs Author ID: 602357

⁴maik1980@bk.ru, RINTs Author ID: 602558

⁵irina.rybkina@mail.ru, Scopus Author ID: 55949918000, ResearcherID: A-8973-2016, RINTs Author ID: 424585

Abstract. The article presents an assessment of atmospheric climate risks and provides an analysis of their impact on economic sectors of Altai Krai. Basing on the Roshydromet data (1966–2020), the authors calculated the frequency of occurrence of hazardous and unfavorable phenomena causing climate risks and determined statistically significant (according to Student's t-test) trends in their changes. The study revealed a significant decrease in the number of days with very strong and hurricane winds. On the contrary, the number of days with dry winds and extreme heat was found to increase. Due to the longer duration of the warm period, a trend formed for thunderstorms and hail to occur more often. In the east of the region, the frequency of fog and hoarfrost occurrences increased. Climate risks with maximal intensity and manifestation (very strong winds, abnormally hot weather, extreme fire danger, hot winds, hurricanes, severe frost, and abnormally cold weather) are responsible for the greatest threat to the economy, population, and natural environment of Altai Krai. The highest probability of atmospheric climate risks occurrence is noted at the Biysk-Zonalnaya WS, both in the warm and cold periods. Abnormally cold weather, hail, fog, sleet, and freezing rain are most common for this territory. The lowest probability of risks occurrence is at the Kamen-on-Obi WS. Agriculture, as the main branch of specialization of Altai Krai, is most susceptible to the risks. Severe droughts and hot winds, as well as prolonged heat, wind, natural fires, hail, etc. considerably reduce the germination and productivity of agricultural crops; when combined, these factors can lead to crop failure. In general, a complex of dangerous and unfavorable weather events affects all sectors of the economy, resulting in large financial costs spent on their adaptation to climate change.

Keywords: dangerous and adverse meteorological phenomena, climate change, impact on industries

Funding: the study was carried out as part of the state assignment undertaken by the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (FUFZ-2021-0002) and as contractual research under the topic 'Development of individual sections of the climate safety passport of Altai Krai' (registration No. 122112800045-2).

For citation: Golovin, A.V., Orlova, E.S., Reznikov, V.F., Gubarev, M.S., Rybkina, I.D. (2025) Assessment of atmospheric climate risks and their impact the economy of Altai Krai. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 95–104. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-95-104 EDN: TRWZNH

Введение и актуальность

Согласно данным МГЭИК [22], происходящие климатические изменения наносят существенный ущерб наземным, пресноводным, прибрежным экосистемам: происходит ухудшение их структуры, функциональной и адаптационной способности. В социально-экономическом плане в первую очередь страдает продовольственная и водная безопасность стран и регионов.

Важной особенностью современных климатических процессов является их пространственная и сезонная неоднородность. Так, по данным Алтайского ЦГМС [17], на фоне повсеместного повышения температуры приземного воздуха отмечено разнонаправленное изменение режима увлажнения территории Алтайского края: уменьшение количества осадков по югу в летний период и их незначительное повышение в остальные сезоны. В связи с этим следует более детально изучать климатические процессы на региональном уровне.

Климатические изменения потенциально могут характеризоваться как негативными (рост частоты и интенсивности опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлений; ускорение процессов опустынивания и др.), так и позитивными (увеличение вегетационного периода сельскохозяйственных культур и др.) последствиями происходящих процессов. Необходимо определение регионального отклика на эти процессы. Сотрудниками Института водных и экологических проблем СО РАН проведены исследования по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» (рег. № 122112800045-2) [9], целью которых также являлись анализ и оценка влияния атмосферных климатических рисков на отрасли экономики Алтайского края.

Материалы и методы

Климат Сибири и Алтайского региона в разное время изучали А.И. Войков [2], В.В. Сапожников [14], В.Б. Шостакович [20, 21], Л.И. Колодомасов [7] и др. Климатическое и почвенно-климатическое районирование Алтайского края предложено А.П. Слядневым, К.П. Горшененым, Е.В. Вандакуровой [15]. В 1978 г. разработан и издан комплексный географический научно-справочный атлас региона [1], в котором описаны климатические условия и ресурсы, отдельные опасные и неблагоприятные атмосферные явления. Климатические изменения последних 10-летий представлены в работах В.В. Паромова [10], И.И. Ипполитова [6], В.А. Понько [12], М.Г. Суховой [16], Н.Ф. Харламовой [18].

В научных исследованиях, согласно методическим рекомендациям по вопросам адаптации к изменениям климата Минэкономразвития России [13], климатическим (климатообусловленным) риском называется совместная характеристика вероятности опасных проявлений климатического фактора и его воздействия (в виде вреда или ущерба) на объект этого воздействия, которая выражается в величине ущерба (в натуральном и (или) стоимостном выражении), характерного для повторяемости заданных значений опасного климатического фактора. Климатический риск имеет социально-экономическое значение только в случае проявления в виде вероятностного или фактического ущерба, при этом риск бедствия возникает, когда гидрометеорологические, геологические

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

и другие опасности вступают во взаимодействие с факторами уязвимости физического, социального, экономического, экологического характера [3].

Для определения вероятности проявления риска используется ряд показателей, в том числе частота, интенсивность, повторяемость метеоявлений. В рамках вышеназванного проекта [9] на основе данных Росгидромета [4] вычислены ежегодное число дней с проявлением опасных и неблагоприятных явлений за 1966–2020 гг. и средняя многолетняя частота их возникновения в соответствии с критериями Алтайского ЦГМС [11]. Оценена однородность выборки данных (по опасным и неблагоприятным явлениям) по критерию Стьюдента. Рассчитаны линейные тренды и оценена их значимость по коэффициенту детерминации (R^2) [8]. Рассчитаны коэффициенты линейного тренда за период с 1966 по 2020 г. [17].

На территории Алтайского края атмосферные явления, которые могут затруднять ведение хозяйственной деятельности или наносить ущерб природной среде, экономике, здоровью человека, сведены в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Опасные и неблагоприятные атмосферные явления,
формирующие атмосферные климатические риски в Алтайском крае [11]
Dangerous and unfavorable atmospheric phenomena responsible
for atmospheric climate risks formation in Altai Krai [11]

<i>Опасное явление</i>	<i>Неблагоприятное явление</i>
Очень сильный ветер (в т.ч. ураган, шквал, смерч)	Сильный ветер
Очень сильный дождь (снег)	Сильный дождь (снег)
Сильный ливень	Ливень
Продолжительный сильный дождь	—
Крупный град	Град
Сильная метель	Метель
Сильная песчаная (пыльная) буря	Пыльная (песчаная) буря
Сильный туман (мгла)	Туман (мгла)
Сильное гололедно-изморозевое отложение	Гололед, сложное отложение, изморозь, отложение мокрого снега, гололедица, ледяной дождь
Чрезвычайная пожарная опасность	Высокая пожарная опасность
Сильный мороз	Низкая облачность, закрытие гор, перевалов облаками, осадками, туманом
Аномально-холодная погода	Гроза
Сильная жара	—
Аномально-жаркая погода	—
Заморозки	—
Суховей	—
Засуха (атмосферная, почвенная)	—
Переувлажнение почвы	—
Раннее появление или установление снежного покрова	—
Промерзание верхнего (до 2 см) слоя почвы	—

Результаты и обсуждения

Особую опасность для экономики, населения и природной среды Алтайского края имеют климатические риски с наибольшей интенсивностью и частым характером проявления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, которые проявляются более чем 1 раз в год; а также ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода, возникающие не чаще 1 раза за два года. К менее опасным рискам можно отнести опасные явления с меньшей частотой проявления: очень сильный дождь (снег), сильная жара, которые наблюдаются 1–2 раза за 10 лет; сильная пыльная (песчаная) буря, сильная метель (общая, низовая), сильный туман, сильная мгла, сильное гололедно-изморозевое отложение, сильный ливень, продолжительный сильный дождь отмечаются 1 раз в несколько десятилетий.

Анализ метеопараметров показывает, что частота проявления случаев с экстремально высокими температурами воздуха, суховеями, засухами увеличивается с востока на запад региона и достигает максимума в подзоне сухой степи (метеостанция Славгород). Очень сильные осадки чаще всего повторяются в юго-восточной предгорной части края (метеостанции Змеиногорск, Солонешное). Высокие скорости ветра наблюдаются по всему краю, с максимальной частотой отмечаются на метеостанциях Рубцовск, Ребриха, Бийск-Зональная, Солонешное. Рост приземной температуры воздуха приводит к снижению количества экстремальных морозов и увеличению числа случаев экстремальной жары и суховеев (табл. 2).

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Таблица 2
Table 2Среднее за год число случаев (*дней) с опасным явлением и тенденция изменения
Annual average number of cases (*days) with a dangerous phenomenon and trends of change

<i>Метеостанция</i>	Барнаул	Бийск-Зональная	Змеиногорск	Камень-на-Оби	Ребриха	Рубцовск	Славгород	Солонешное
<i>Опасное явление</i>	Период осреднения 1977–2020 гг.							
Очень сильный ветер*	0,50 ↓	1,50 ↓	0,90 ↓	0,40 ↓	3,50 ↓	2,40 ↓	0,70 ↓	3,40 ↓
Ураганный ветер*	0,00 ↔	0,43 ↓	0,02 ↔	0,07 ↓	0,50 ↓	0,23 ↓	0,11 ↓	0,35 ↓
Суховей	0,82 ↔	0,41 ↑	1,16 ↑	1,55 ↑	1,55 ↓	1,82 ↑	3,70 ↑	0,39 ↑
Период осреднения 1966–2020 гг.								
Очень сильные осадки	0,04 ↓	0,11 ↓	0,15 ↓	0,02 ↓	0,02 ↓	0,07 ↓	0,02 ↓	0,15 ↑
Сильный мороз	0,05 ↓	0,38 ↓	0,18 ↓	0,10 ↓	0,17 ↓	0,12 ↓	0,10 ↓	0,22 ↓
Аномально холодная погода	0,13 ↑	0,43 ↓	0,38 ↓	0,30 ↓	0,30 ↓	0,30 ↓	0,20 ↓	0,28 ↓
Сильная жара	0,00	0,05 ↑	0,08 ↑	0,02 ↑	0,07 ↓	0,13 ↑	0,20 ↑	0,05 ↑
Аномально жаркая погода	0,38 ↑	0,45 ↑	0,52 ↑	0,65 ↑	0,67 ↑	1,32 ↑	1,75 ↑	0,23 ↑

Примечание: ↓ – уменьшение, ↑ – увеличение, ↔ – без изменений; полужирный шрифт – статистически значимые изменения по критерию Стьюдента на уровне 5 %, курсив – R² трендов достоверен по критерию Фишера на уровне 5 %.Note: ↓ – decrease, ↑ – increase, ↔ - no change; bold – statistically significant changes by Student's criterion at the 5% level, italics – R² trends are reliable by Fisher's criterion at the 5% level.

К менее опасным атмосферным климатическим рискам относятся неблагоприятные метеорологические явления, которые по своим критериям не достигают критических значений. Среди них наиболее распространены в исследуемом регионе изморозь, метель, мокрый снег, туманы, грозы (табл. 3).

Тенденции изменения частоты возникновения атмосферных явлений в Алтайском крае неоднородны (табл. 2, 3). Статистически достоверны уменьшения числа дней по всему краю с ураганным (Ребриха – 0,5 дн./10 лет, Бийск-Зональная – 0,3 дн./10 лет) и очень сильным (–0,1…–2,6 дн./10 лет) ветром, пыльными (песчаными) бурями (–0,1…–3,0 дн./10 лет), метелями (–1,8…–10,1 дн./10 лет); по западу – с гололедом (Камень-на-Оби – 0,2 дн./10 лет), туманами (Камень-на-Оби – 1,2 дн./10 лет, Ребриха – 5,1 дн./10 лет, Славгород – 2,9 дн./10 лет). Вместе с тем увеличивается частота возникновения суховеев (Бийск-Зональная +0,2 сл./10 лет, Рубцовск +0,8 сл./10 лет, Солонешное +0,2 сл./10 лет.), сильной жары (Змеиногорск +0,03 сл./10 лет, Рубцовск +0,03 сл./10 лет), аномально жаркой погоды (Славгород +0,15 сл./10 лет), мокрого снега (Камень-на-Оби +6,8 дн./10 лет, Барнаул +6,1 дн./10 лет, Солонешное +3,1 дн./10 лет и другие), града (Змеиногорск +0,5 дн./10 лет, Бийск-Зональная и Солонешное +0,4 дн./10 лет и другие), грозы (+2,3…+5,4 дн./10 лет).

Таблица 3
Table 3Среднее за год число дней с неблагоприятным явлением и тенденция изменения
Annual average number of days with an adverse event and trends of change

<i>Метеостанция</i>	Барнаул	Бийск-Зональная	Змеиногорск	Камень-на-Оби	Ребриха	Рубцовск	Славгород	Солонешное
<i>Неблагоприятное явление</i>	Период осреднения 1966–2020 гг.							
Изморозь	49 ↑	31 ↑	20 ↑	22 ↓	23 ↓	25 ↓	33 ↓	1 ↔
Метель	22 ↓	16 ↓	30 ↓	17 ↓	29 ↓	30 ↓	21 ↓	10 ↓
Гололед	1,2 ↓	0,6 ↔	0,9 ↔	0,3 ↓	2,2 ↓	1,1 ↓	2,1 ↓	0,1 ↔
Ледяной дождь	0,3 ↓	0,5 ↓	0,3 ↓	0,1 ↓	0,4 ↓	0,4 ↓	0,4 ↓	0,2 ↔
Мокрый снег	23 ↑	31 ↑	18 ↑	21 ↑	17 ↑	19 ↑	13 ↓	19 ↑
Град	1,4 ↑	1,6 ↑	1,4 ↑	0,6 ↑	0,6 ↔	0,8 ↑	0,4 ↔	0,9 ↑
Туман	20 ↑	25 ↑	9 ↓	14 ↓	23 ↓	23 ↓	17 ↓	17 ↑
Гроза	25 ↑	23 ↑	24 ↑	17 ↑	18 ↑	20 ↑	18 ↑	24 ↑
Пыльная (песчаная) буря	0,6 ↓	1,1 ↓	0,3 ↔	0,8 ↓	4,8 ↓	1,4 ↓	2,2 ↓	0,2 ↓

Примечание: ↓ – уменьшение, ↑ – увеличение, ↔ – без изменений; полужирный шрифт – статистически значимые изменения по критерию Стьюдента на уровне 5 %; курсив – R² трендов достоверен по критерию Фишера на уровне 5 %.Note: ↓ – decrease, ↑ – increase, ↔ - no change; in bold – statistically significant changes according to Student's t-test at the level of 5%, in italics – R² of the trends is reliable according Fisher's criterion at the level of 5%.

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резников В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Для выделения территорий с наибольшей частотой возникновения атмосферных климатических рисков средние многолетние значения были нормированы и суммированы. В холодный период (рис. 1а) чаще всего атмосферные явления, формирующие риски, наблюдаются на метеостанциях Бийск-Зональная, Ребриха, Рубцовск; реже – на Камень-на-Оби, Славгород, Солонешное. Ребриха занимает лидирующие позиции по количеству числа дней с гололедом, очень сильным ветром и метелью; Рубцовск – с метелью, ледяным дождем, мокрым снегом; Бийск-Зональная – с аномально холодной погодой, очень сильным снегом, туманом. В теплый период (рис. 1б) частота проявления рисков более равномерная, исключение составляют метеостанции Бийск-Зональная и Камень-на-Оби, которым соответствуют максимум и минимум значений метеопараметров. Бийск-Зональная выделяется большим числом дней с градом, мокрым снегом и ледяным дождем (рис. 1в).

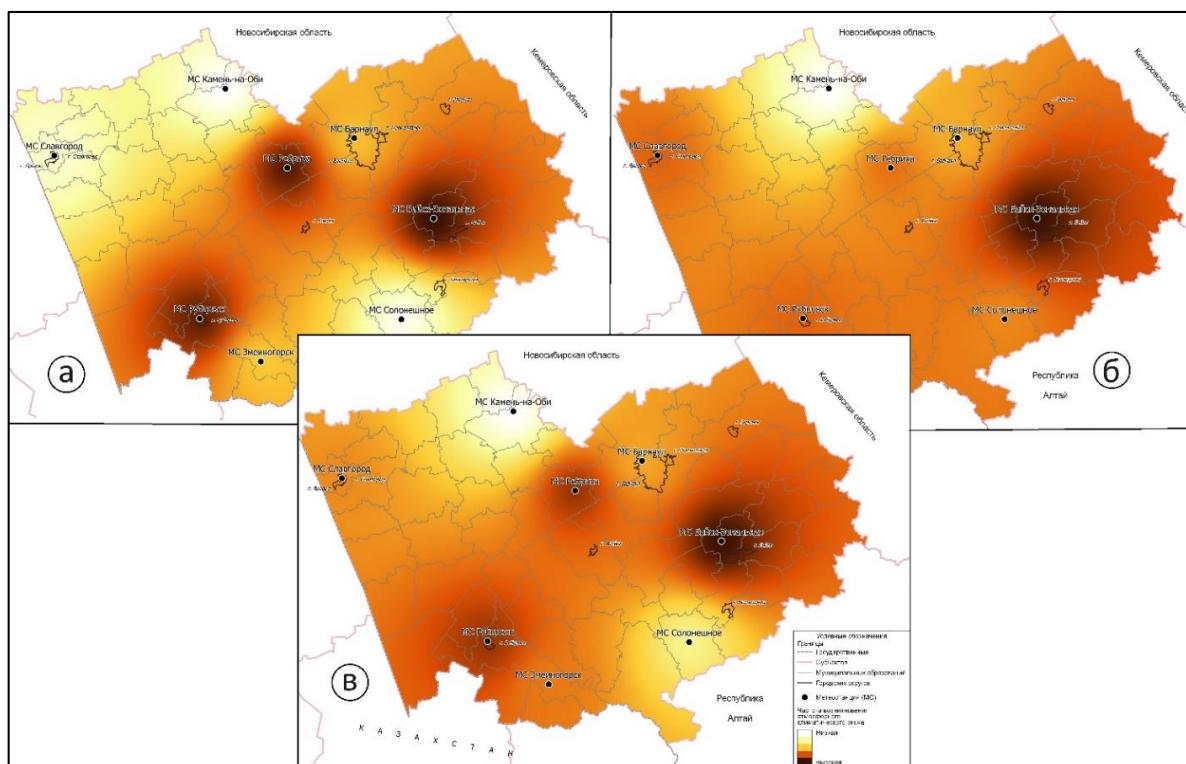


Рис. 1. Частота проявления опасных и неблагоприятных явлений, формирующих атмосферные климатические риски в Алтайском крае: а) холодный период, б) теплый период, в) год

Fig. 1. Frequency of occurrence of dangerous and unfavorable phenomena forming atmospheric climate risks in Altai Krai: a) cold period, b) warm period, c) year

Атмосферные климатические риски с разной интенсивностью и частотой влияют на экономическую деятельность и социальную сферу, причем может отличаться характер этого воздействия. В наибольшей степени атмосферным рискам подвержены развитые отрасли Алтайского края: сельское хозяйство, лесное хозяйство, транспорт, рекреация, туризм; а также здоровье населения; в меньшей степени – ЖКХ, строительство, производство и передача электроэнергии, обрабатывающая и добывающая промышленность, водное хозяйство (рис. 2).

Возникновение одного негативного явления оказывается на ряде отраслей, в то время как комплекс явлений наносит ущерб всей экономике региона. В теплый период, как правило, возникают сочетания из ветра, дождя (ливня), града, грозы; в холодный период – метели, твердых осадков, понижения температуры. Наиболее разрушительными в крае являются комплексы явлений теплого периода, включающие очень сильный и ураганный ветер. Например, в центральных районах Алтайского края и в г. Барнауле 23 июня 2018 г. при прохождении суперячейки был отмечен очень сильный ветер (порывы, шквал), сопровождающийся ливнем, грозой, градом: в результате повалены деревья, башенный кран, повреждены линии электропередач, отмечены обрывы проводов, опрокинуты автомобили, повреждены крыши зданий и сооружений.

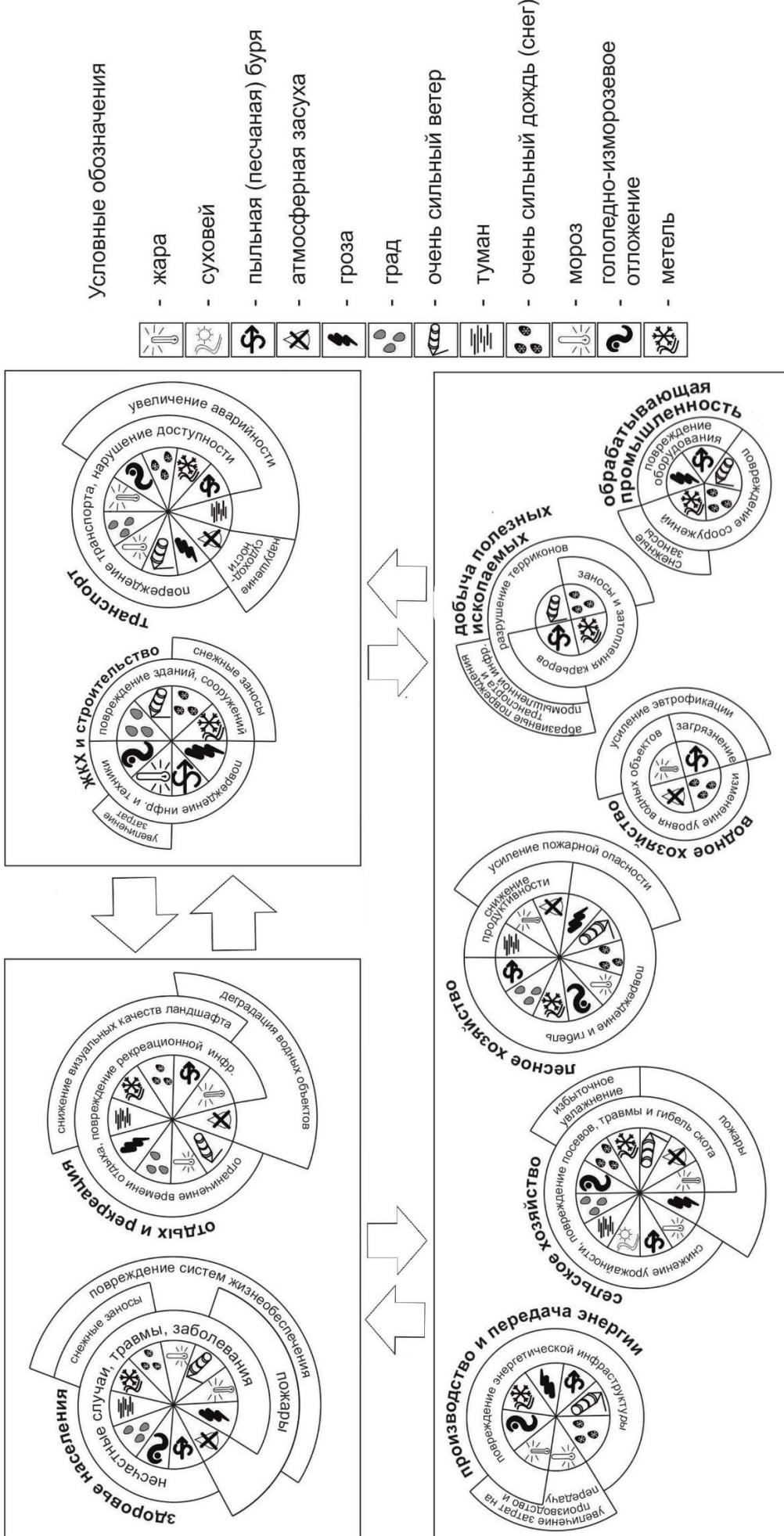


Рис. 2. Воздействие опасных и неблагоприятных явлений, формирующих риски, на отрасли экономики Алтайского края (составлено автором)
Fig. 2. Impact of dangerous and unfavorable phenomena creating risks in economic sectors of Altai Krai (compiled by the author)

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

Сельское хозяйство является отраслью специализации экономики Алтайского края. Аграрный сектор предопределяет общую динамику социально-экономического развития региона. Производимая сельскохозяйственная продукция не только вывозится в другие субъекты РФ, но и экспортится в страны Прибалтики, Центральной и Юго-Восточной Азии.

В теплый период практически ежегодно наблюдаются бездождевые периоды (более 10 дней с осадками менее 1 мм) с экстремально высокими температурами воздуха и ветром, способствующие возникновению засух, суховеев, пыльных (песчаных) бурь, пожаров. Это приводит к уменьшению запасов продуктивной влаги в почве, повреждениям и гибели сельскохозяйственных культур, ухудшаются условия содержания и состояния скота и птицы. Выпадающие осадки могут носить ливневый характер и сопровождаться грозами, градом, шквалистым ветром, усиливая процессы водной эрозии и плоскостного смыва. В результате градобития теряются значительные площади посевов и соответствующие объемы сельхозпродукции. Образующийся после дождей туман затрудняет поступление солнечной радиации, необходимой для роста растений, и вносит свои корректировки в график созревания и сбора; снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

В зимний период при совокупности факторов (высота снежного покрова, температура воздуха) возможно как вымерзание озимых, так и их выпревание. Все это приводит к снижению количества и качества производимой продукции растениеводства и животноводства, создает дополнительные сложности при получении урожая, увеличивая трудовые и финансовые затраты.

Отдых и рекреация. Туристическая отрасль – это относительно новое стратегическое направление развития региона. Уникальные природно-климатические, экологические, социально-экономические условия, а также богатое культурно-историческое наследие Алтайского края формируют широкие возможности для создания и развития туристической отрасли. Однако наблюдаемые климатические изменения могут привести к трансформации туристско-рекреационных ресурсов, перераспределению внутренних и международных туристических потоков [23, 5].

Атмосферные явления, составляющие климатический риск, ограничивают благоприятное, безопасное время отдыха как в палаточных лагерях, так и на туристических маршрутах; снижают визуальные качества ландшафта путем уменьшения дальности видимости и детериорации природных компонентов. В летний сезон возможно образование длительных периодов с экстремально высокими температурами воздуха и засухами, пыльными (песчаными) бурями. Это приводит к усилению эвтрофикации и усыханию водоемов из-за чего в дальнейшем становится невозможным их рекреационное использование. Усиление аридизации климата в регионе также способствует уменьшению площадей водоемов и деградации малых озер. Так, в XVIII и XIX вв., по мнению А.В. Шнитникова [19], Кулундинское озеро имело более значительные размеры и, вероятно, сливалось с оз. Мал. Яровое и рядом мелких озер.

Здоровье населения. В XXI в. остро стоит проблема влияния климатических изменений на здоровье населения. Изменение количества осадков, числа случаев с экстремальными погодными условиями, увеличение температуры воздуха приводят к обострению заболеваний, смертности, загрязнению воздуха, а также болезней, передаваемых через воду, пищу и животными [5].

Заключение

Анализ атмосферных климатических рисков показал, что особую опасность для экономики Алтайского края представляют часто повторяющиеся наиболее интенсивные метеорологические явления: очень сильный ветер, аномально жаркая погода, чрезвычайная пожарная опасность, суховеи, ураганный ветер, сильный мороз, аномально холодная погода.

Пространственное распределение опасных и неблагоприятных явлений, формирующих риски в регионе, неоднородно. Для западной части Алтайского края характерны риски, связанные с высокими температурами воздуха (жара), ветрами (суховеи, пыльные (песчаные) бури, очень сильный, ураганный ветер) и бездождевыми периодами (пожарная опасность, засуха); для восточной и предгорной частей – с низкими температурами (мороз) и сильными атмосферными осадками. Чаще всего эти явления отмечаются на метеостанции Бийск-Зональная как в теплый, так и в холодный период; в Рубцовске и Ребрихе – только в холодный период.

Увеличение частоты проявления негативных атмосферных явлений приводит к возрастанию затрат на обеспечение устойчивости функционирования всех сфер экономической деятельности и их адаптации к изменяющимся климатическим процессам. Необходимо уже сегодня в этих условиях понимать, какие значения климатических факторов являются нормальными. В связи с этим дальнейшую адаптацию экономики края необходимо проводить с учетом увеличения или уменьшения повторяемости неблагоприятных природных процессов.

При разработке планов адаптации, стратегий региона к изменению климата органами государственной власти и местного самоуправления важно учесть количественные характеристики вероятности проявления атмосферных явлений. Особое внимание следует обратить на рост продолжительности и частоты возникновения суховеев, аномально жаркой погоды и сильной жары, гроз, града, мокрого снега.

Атмосферные климатические риски негативно влияют на все отрасли экономики и здоровье населения Алтайского края. Наибольшие последствия испытывает чаще всего сельскохозяйственная отрасль в западных районах региона, где регистрируются интенсивные засухи, суховеи, заморозки, пожары и другие опасные процессы.

Метеорология**Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.****Библиографический список**

1. Алтайский край. Атлас. М.-Барнаул, 1978. Т. 1. 235 с.
2. Воеиков А.И. Климаты земного шара, в особенности России. СПб: Издание картографического заведения А. Ильина, 1884. 671 с.
3. Всемирная конференция по уменьшению опасности бедствий. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.shtml (дата обращения 19.02.2024)
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ – МЦД). URL: <http://meteo.ru/> (дата обращения 05.03.2024)
5. Изменение климата и экономики России: тенденции, сценарии, прогнозы: монография / под ред. Б.Н. Парфирьева, В.И. Данилова-Данильяна. М.: Научный консультант, 2022. 514 с.
6. Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Задде Г.О. Региональные особенности современных климатоэкологических изменений в Сибири // Вестник ТГУ. Серия Науки о Земле. 2003. № 3 (IV). С. 174–178. EDN: VXGWJX
7. Колдомасов Л.И. Климат Западной Сибири. Новосибирск: Новосибгиз, 1947. 59 с.
8. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.
9. Отчет НИР по теме: «Разработка отдельных разделов паспорта климатической безопасности Алтайского края» / науч. рук. д.б.н., проф. А.В. Пузанов, отв. исполнитель В.Ф. Резников. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2022. 269 с. рег. № 122112800045-2
10. Паромов В.В., Нарожный Ю.К., Нарожная О.В. Тенденции современных изменений приземной температуры воздуха и атмосферных осадков на юге Западной Сибири // Вопросы географии Сибири. 1999. №. 23. С. 124–140.
11. Перечень опасных природных гидрометеорологических явлений на территории Алтайского края. URL: <https://meteo22.ru/upload/iblock/d22/Untitled.FR211020191058.pdf> (дата обращения 03.04.2024)
12. Пон'ко В.А. О природе циклов погоды и климата // Цикличность увлажнения юга Западной Сибири. 1983. № 45. С. 3–20.
13. Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. № 267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (дата обращения 05.03.2024)
14. Сапожников В.Б. По Алтаю: дневник путешествия 1895 г. (с 40 таблицами видов и 3-мя картами). Томск: Паровая типолитография П.И. Макушкина, 1897. 127 с.
15. Сляднев А.П. Очерки климата Алтайского края. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1958. 140 с.
16. Сухова М.Г., Рusanov B.II. Климаты ландшафтов Горного Алтая и их оценка для жизнедеятельности человека. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 150 с. ISBN: 5-7692-0673-X EDN: QKEIID
17. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / Росгидромет. СПб: Наукомкие технологии, 2022. 124 с.
18. Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул: Из-во Алт. ун-та, 2013. 156 с. ISBN: 978-5-7904-1381-0 EDN: SIHPVF
19. Шинников А.В. Озера Западной Сибири и Северного Казахстана и многовековая изменчивость увлажненности степей // Труды Лаборатории озероведения АН СССР. 1957. Т. 5. С. 5–63.
20. Шостакович В.Б. Климат Иркутска: Результаты наблюдений Иркутской магнитно-метеорологической обсерватории за 30-летие 1887–1916 гг. Иркутск, 1920. 102 с.
21. Шостакович В.Б. Материалы для изучения климата Енисейской губернии. Иркутск: типолитография П.И. Макушкина и В.М. Порохина, 1917. 103 с.
22. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA. 3056 pp. DOI: 10.1017/9781009325844
23. Scott D. et. al. Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America // Climate research. 2004. Vol. 27, No. 2. P. 105–117.

Reference

1. Altajskii kraj. Atlas (Altai Krai. Atlas). Moscow-Barnaul, 1978. V. 1, 235 p. (In Russian)
2. Voeikov A.I. (1884) Klimaty zemnogo shara, v osobennosti Rossii. (Climates of the globe, especially Russia). St. Petersburg: Publication of the cartographic institution of A. Ilyin, (in Russian)
3. Vsemirnaya konferentsiya po umen'sheniyu opasnosti bedstvii (World Conference on Disaster Risk Reduction). URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.shtml (access date 19.02.2024).
4. Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannyykh (VNIIGMI – MTSD) (All-Russia Research Institute of Hydrometeorological Information, World Data Centre). URL: <http://meteo.ru/> (access date 05.03.2024).
5. Izmenenie klimata i ekonomika Rossii: tendentsii, stsenarii, prognozy (Climate change and the Russian economy: trends, scenarios, forecasts). B.N. Porfir'yev, V.I. Danilov-Danil'yan (Eds.), Moscow: Publishing house scientific consultant, 2022. 514 p. (In Russian)
6. Ippolitov I.I., Kabanov M.V., Zadde G.O. (2003). Regional'nye osobennosti sovremennoykh klimatoekologicheskikh izmenenii v Sibiri (Regional features of modern climate-ecological changes in Siberia), *Bulletin of TSU. Earth Science Series*, No. 3(4), p.174–178 (in Russian)
7. Koldomasov L.I. Klimat Zapadnoi Sibiri (Climate of West Siberia). Novosibirsk, Novosibirsk book publishing house, 1947. 59p. (in Russian)
8. Mitropol'skiy A.K. Tekhnika statisticheskikh vychislenii (Statistical computing technique). Moscow: The science, 1971. 576 p. (in Russian)
9. Razrabotka otdel'nykh razdelov pasporta klimaticheskoi bezopasnosti Altaiskogo kraya (Development of individual sections of the Altai Krai climate safety passport), A.V. Puzanov, V.F. Reznikov (Eds.), Barnaul, IWEP SB RAS, 2022. 269 p. (in Russian)
10. Paromov V.V., Narozhnyi YU.K., Narozhnaya O.V. (1999). Tendentsii sovremennoykh izmenenii prizemnoi temperatury vozdukh i atmosfernykh osadkov na yuge Zapadnoi Sibiri [Trends in modern changes in surface air temperature and precipitation in the south of West Siberia]. *Questions of geography of Siberia*. No. 23, p. 124–140. (in Russian)
11. Perechen' opasnykh prirodnykh gidrometeorologicheskikh yavlenii na territorii Altaiskogo kraya (List of hydro-meteorological hazards in the Altai Krai). URL: <https://meteo22.ru/upload/iblock/d22/Untitled.FR211020191058.pdf> (access date 03.04.2024).
12. Pon'ko V.A. (1983). O prirode tsiklov pogody i klimata (On the nature of weather and climate cycles). *Tsiklichnost' uvlazhneniya yuga Zapadnoi Sibiri*, No. 45. p. 3–20 (in Russian)

Метеорология

Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.

13. Prikaz Minekonomrazvitiya Rossii ot 13 maya 2021 g., 267 «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij i pokazatelej po voprosam adaptacii k izmeneniyam klimata» (Order No. 267 of the Ministry of Economic Development of Russia dated May 13, 2021, «On Approval of Methodological Recommendations and Indicators on Adaptation to Climate Change»). URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/b3cc582c24e7367170b5605f1199c6a9/267_13052021.pdf (access date 05.03.2024) (in Russian)
14. Sapozhnikov V.V. *Po Altayu: dnevnik puteshestviya 1895 g. (s 40 tablitsami vidov i 3-my kartami)* (Across Altai: travel diary of 1895 (with 40 species tables and 3 maps)). Tomsk, Steam typo-lithography of P.I. Makushin, 1897. 127 p. (in Russian)
15. Slyadnev A.P. *Ocherki klimata Altaiskogo kraja* [Essays on Altai Krai climate]. Barnaul, Altai book publishing house, 1958. 140 p. (in Russian)
16. Sukhova M.G., Rusanov V.I. *Klimaty landshaftov Gornogo Altaya i ikh otsenka dlya zhiznedeyatel'nosti cheloveka* (Climates of Gorny Altai landscapes and their assessment for human life). Novosibirsk, publishing house of SB RAS, 2004. 150 p. (in Russian)
17. *Tretii otsenochnyi doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume* (Third estimation report on climate changes and their consequences on the territory of Russian Federation), I.A. Shumakov (Eds.), Saint Petersburg, Roshydromet, 2022. 124 p. (in Russian)
18. Kharlamova N.F. *Otsenka i prognoz sovremennykh izmenenii klimata Altaiskogo regiona* (Assessment and forecast of climate changes modern Altai region). Barnaul, Publishing house of the Alt. University Press., 2013. 156 p. (in Russian)
19. Shnitnikov A.V. (1957). *Ozera Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana i mnogovekovaya izmenchivost' uvlazhnennosti stepei* (Lakes of Western Siberia and Northern Kazakhstan and centuries-old variability of steppe moisture content). *Proceedings of the Laboratory of Lake Science of the USSR Academy of Sciences*. No. 5. p. 5–63. (In Russian)
20. Shostakovich V.B. *Klimat Irkutsk: Rezul'taty nablyudenii Irkutskoi magnitno-meteorologicheskoi observatorii za 30-letie 1887-1916 gg.* (Climate of Irkutsk: Results of observations of the Irkutsk Magnetic Meteorological Observatory for the thirty years of 1887-1916). Irkutsk, 1920. 102 p. (In Russian)
21. Shostakovich V.B. *Materialy dlya izucheniya klimata Eniseiskoi gubernii* (Materials for studying the climate of the Yeniseysk Governorate). Irkutsk, Steam typo-lithography of P.I. Makushin, 1917. 103 p. (In Russian)
22. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 3056. DOI:10.1017/9781009325844.
23. Scott D. et al. (2004) Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America, *Climate research*, No. 27, p. 105-117.

Статья поступила в редакцию: 10.07.24, одобрена после рецензирования: 08.08.24, принятая к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 10 July 2024; approved after review: 8 August 2024; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах**Антон Владимирович Головин**

младший научный сотрудник, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: golovin.anton.vl@gmail.com

Елена Сергеевна Орлова

младший научный сотрудник, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: morana-11@mail.ru

Виктор Фёдорович Резников

ведущий инженер, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: rvf@iwep.ru

Михаил Сергеевич Губарев

ведущий инженер, лаборатория водных ресурсов и водопользования, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;
656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
e-mail: maik1980@bk.ru

Information about the authors**Anton V. Golovin**

Junior Researcher, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Elena S. Orlova

Junior Researcher, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Victor F. Reznikov

Leading Engineer, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Mikhail S. Gubarev

Leading Engineer, Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Метеорология*Головин А.В., Орлова Е.С., Резник В.Ф., Губарев М.С., Рыбкина И.Д.***Ирина Дмитриевна Рыбкина**

доктор географических наук, доцент, заведующий лаборатории водных ресурсов и водопользования, ведущий научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук;

656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

e-mail: irina.rybkina@mail.ru

Irina D. Rybkina

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Water Resources Management, Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia

Вклад авторов

Головин А.В. – формулировка идеи, постановка задачи исследования, сбор и обработка материала, визуализация результата, написание статьи.

Орлова Е.С. – формулировка идеи, сбор и обработка материала, визуализация результата.

Резников В.Ф. – формулировка идеи, научное редактирование текста.

Губарев М.С. – обработка материала.

Рыбкина И.Д. – научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Anton V. Golovin – formulation of the idea and research task; material collection and processing; visualization of the result; writing of the article.

Elena S. Orlova – formulation of the idea; material collection and processing; visualization of the result.

Victor F. Reznikov – formulation of the idea; scientific editing of the text.

Mikhail S. Gubarev – material processing.

Irina D. Rybkina – scientific editing of the text.

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

Метеорология**Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.**

Научная статья

УДК 551.586+004.942

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-105-118

EDN: UCFUJP



ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЕШЕХОДНОЙ КОМФОРТНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО КВАРТАЛА КРАСНОЯРСКА

Кирилл Юрьевич Литвинцев¹, Виктория Дмитриевна Мешкова², Сергей Анатольевич Филимонов³^{1,3} Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия^{1,2} Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия¹ sttupick@yandex.ru² redel-vd@yandex.ru³ bdk@inbox.ru

Аннотация. Одним из важных требований в современных подходах к организации городского пространства является обеспечение требуемого уровня пешеходного комфорта, который обусловлен как внешними метеоусловиями, так и протекающими локальными процессами тепломассопереноса в городской среде. Цель работы – численное исследование условий пешеходной комфортности на примере городского квартала г. Красноярска с привлечением методов вычислительной гидродинамики. Численное моделирование процессов теплообмена и аэродинамики проводилось на основе разработанной микромасштабной математической модели городской атмосферы, основанной на неупругом приближении. Оценка пешеходной комфортности осуществлялась с использованием биоклиматических показателей, рассчитанных на основе полей метеовеличин. Результаты численного моделирования городского района г. Красноярска показывают, что температурный и аэрационный режимы в городской застройке носят нестационарный характер, зависящий от суточной динамики солнечного излучения, которая определяется временем года и облачностью. С точки зрения биоклиматических показателей, наличие солнечного излучения, с одной стороны, повышает температуру, а с другой стороны, приводит к росту скоростей. Как следствие, возникают конкурирующие разнонаправленные тренды теплового воздействия на человека. Наличие высотных зданий вносит вклад в формирование устойчивых локальных зон повышенных скоростей, которые могут способствовать повышению пешеходного комфорта в жаркую летнюю погоду, но зимой только снижают уровень комфорта. Полученные результаты численного моделирования демонстрируют влияние на пешеходную комфортность не только внутренней геометрии городского квартала, но и динамики солнечного излучения.

Ключевые слова: численное моделирование, пешеходная комфортность, городская среда, тепломассобмен

Финансирование. Исследование выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-61-00098), <https://rscf.ru/project/22-61-00098/>.

Для цитирования: Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А. Влияние метеоусловий на формирование пешеходной комфортности на примере городского квартала Красноярска // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 105–118. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-105-118 EDN UCFUJP

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-105-118

EDN: UCFUJP

WEATHER EFFECTS ON HUMAN COMFORT: THE CASE OF AN URBAN BLOCK IN KRASNOYARSK

Kirill Yu. Litvintsev¹, Victoriya D. Meshkova², Sergey A. Filimonov³^{1,3} Kutateladze Institute of Thermophysics, SB RAS, Novosibirsk, Russia^{1,2} Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia¹ sttupick@yandex.ru² redel-vd@yandex.ru³ bdk@inbox.ru

Abstract. Ensuring the necessary level of human comfort is an important requirement for the modern organization of urban space. Human comfort is determined by both external weather conditions and the local processes of heat and



© 2025 Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А. Лицензия CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

mass transfer occurring in the urban environment. Our research aims to analyze the formation of human comfort conditions for an urban block in the city of Krasnoyarsk by means of computational fluid dynamics methods. Numerical modeling of heat transfer and aerodynamic processes was carried out based on the microscale mathematical model of urban atmosphere using the inelastic approximation. Human comfort was assessed on the basis of bioclimatic indices calculated from the fields of physical variables. Results of numerical modeling of the urban environment show that the temperature and wind regimes in a built-up area are unsteady and depend on solar radiation dynamics, specific to the season and cloudiness conditions. Bioclimatic indices are affected not only by temperature rise but also by an increase in the air velocity, both induced by solar radiation. This creates competing multidirectional trends of thermal impacts on humans. High-rise buildings form stable local areas of high wind velocity. These areas can contribute to human comfort in hot summer weather, but reduce the comfort level in the winter. The obtained numerical simulation results demonstrate that solar radiation dynamics affect local human comfort along with the urban block geometry.

Keywords: numerical simulation, human comfort, urban microclimate, heat and mass transfer

Funding: the study was supported by the Russian Science Foundation (grant No. 22-61-00098), <https://rscf.ru/project/22-61-00098/>.

For citation: Litvinsev, K.Yu., Meshkova, V.D., Filimonov, S.A. (2025). Weather effects on human comfort: the case of an urban block in Krasnoyarsk. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 105–118. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-105-118 EDN: UCFUJP

Введение

Активная урбанизация современного общества показала, что используемые подходы по организации внутригородского пространства привели к формированию экологически неблагоприятных условий окружающей среды, тем самым снижая уровень комфорта жизни людей. Развитие методов численного моделирования закономерно вызвало появление численных исследований, с помощью которых стало возможно изучать протекающие процессы в атмосфере города. Например, работы [17, 32] посвящены анализу формирования городского острова тепла, в [10, 30] исследовался аэрационный режим, а процесс рассеивания и переноса загрязняющих примесей рассматривается в [15, 16, 18, 27]. Параллельно изучаются условия формирования ветрового и теплового пешеходного комфорта в городской среде [17, 24, 29]. Изучение отдельных факторов, действующих на комфортное пребывание человека в городской среде, привело к пониманию необходимости оценки комплексного воздействия климатических параметров. Получить эти оценки можно с помощью микромасштабных численных моделей городской атмосферы [31].

На текущий момент в мировой практике существует более 30 биоклиматических критериев, которые делятся на температурные, температурно-ветровые и температурно-влажностно-ветровые, также может добавляться радиационная составляющая [1, 3, 14]. Российская практика показывает, что оценка биоклиматического уровня комфорта через биоклиматические критерии, как правило, выполнялась только для определенных регионов с помощью ГИС-систем [4, 5, 9] или городов [8]. В данной работе рассматривается влияние процессов тепломассопереноса, включая солнечное и тепловое излучение, на формирование аэрационного режима и условий пешеходной комфортности на примере изолированного городского квартала г. Красноярска в зимнее и летнее время.

Планирование территории селитебной зоны городов должно обеспечивать рациональное размещение жилой застройки. В последнее время прослеживается тенденция активного развития высотного строительства. Помимо оптимизации землепользования за счет увеличения этажности, данный подход позволяет создавать многофункциональные комплексы, ориентированные не только на получение дополнительной жилой площади, но также на создание мест для офисных центров и различного рода бизнеса. Одним из видов высотной застройки является точечная застройка высотными одноподъездными зданиями («свечки»). Особенностью подобной застройки являются наличие зон повышенных скоростей в приземной области вследствие бокового обтекания подобных зданий ветровым потоком и формирование значительных теневых областей. Данный вид застройки реализуется во многих современных городах. В связи с этим в качестве объекта исследования был принят жилой микрорайон г. Красноярска, который состоит преимущественно из высотных зданий. Так как формирование условий пешеходного комфорта зависит от температурного и ветрового фактора, соответственно, при численном исследовании необходимо учитывать не только аэродинамику, но и процессы теплообмена с оценкой влияния солнечного и теплового излучения.

Численное моделирование процессов тепломассобмена в рассматриваемом городском квартале проводилось на основе микромасштабной модели городской атмосферы, созданной в программном комплексе SigmaEco [19], в рамках которого был реализован блок расчета биоклиматических критериев для оценки пешеходной комфортности на основе рассчитанных полей метеовеличин [23].

Метод решения

Микромасштабная математическая модель городской атмосферы основывается на нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнениях Навье-Стокса для несжимаемых течений в неупругом приближении [19, 26]. Система уравнений для осредненных метеорологических величин включает:

уравнение неразрывности

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0, \quad (1)$$

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

уравнение движения,

$$\frac{d(\rho_z \mathbf{V})}{dt} = -\nabla p + \mathbf{g} \rho_z \left(\theta_z - \theta \right) \Big/ \theta_z + \nabla \left[(\mu + \mu_t) (\nabla \mathbf{V} + \nabla \mathbf{V}^T) \right], \quad (2)$$

уравнение сохранения энергии, которое записывается через потенциальную температуру θ

$$\rho_z C_p \frac{d\theta}{dt} = \nabla \cdot \left[\left(\lambda + \frac{\mu_t C_p}{Pr_t} \right) \nabla \theta \right] + S_\theta, \quad (3)$$

где \mathbf{V} – вектор скорости, м/с; ρ_z – гидростатическая плотность, кг/м³; θ – потенциальная температура, К; θ_z – распределение фоновой потенциальной температуры по высоте, К; p – осредненное давление, Па; μ – динамическая вязкость, кг/(м·с); C_p – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К); λ – теплопроводность, Вт/(м·К); S_θ – дополнительный тепловой источник; μ_t – турбулентная вязкость; \mathbf{g} – ускорение свободного падения; Pr_t – турбулентное число Прандтля.

Для описания турбулентных характеристик используется двухпараметрическая RANS k- ω SST-модель [22] с дополнительными слагаемыми для учета влияния силы плавучести на генерацию/диссиацию турбулентной кинетической энергии.

Начальное и граничное распределение потенциальной температуры описывает нейтральную ($\theta_z = \text{const}$) атмосферу. Соответственно, в качестве граничных условий на входе задаются следующие распределения скорости, турбулентных характеристик по высоте z [21]:

$$u(z) = \frac{u_*}{K} \left(\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right), \quad (4)$$

$$k(z) = \frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}}, \quad (5)$$

$$\omega(z) = \frac{u_*}{K \cdot z \cdot \sqrt{C_\mu}}, \quad (6)$$

где константа $C_\mu = 0,09$; z_0 – шероховатость поверхности, $K=0,42$ – константа Кармана; u_* – динамическая скорость, м/с; ω – удельная скорость диссиляции, 1/с; k – кинетическая энергия турбулентности, м²/с².

Для описания профиля скорости с шероховатостью вблизи стенки применяются пристеночные функции на основе модели аэродинамической шероховатости, предложенной в работе [28].

Для описания распространения излучения в городской среде используется уравнение переноса излучения (УПИ) в приближении «серых» газов, которое решается на основе метода конечных объемов (МКО) [13, 20]:

$$\frac{\partial I(\mathbf{r}, \mathbf{s})}{\partial s} = -a(\mathbf{r}) I(\mathbf{r}, \mathbf{s}) + a(\mathbf{r}) I_b(\mathbf{r}, \mathbf{s}), \quad (7)$$

где I – интенсивность излучения, Вт/(м²·ср); I_b – интенсивность излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·ср); a – коэффициент поглощения, м⁻¹; \mathbf{r} – радиус-вектор; \mathbf{s} – единичный вектор углового направления.

В рамках метеорологической модели поле излучения разделяется на коротковолновое солнечное излучение и длинноволновое тепловое излучение атмосферы и поверхности земли, для каждого из которых отдельно решается свое УПИ. Модель расчета переноса солнечного прямого и рассеянного излучения и теплового излучения атмосферы описана в работе [19]. Реализованная модель суточной динамики падающего потока солнечного излучения показала хорошее согласование с данными натурных наблюдений [7] при ясном небе и при средних условиях облачности.

При расчете переноса солнечного излучения среда принимается прозрачной. Для расчета прямого падающего солнечного излучения используется модификация МКО, в которой введен дополнительный малый контрольный телесный угол. Границные условия в виде диффузационного излучения применялись для моделирования испускания рассеянного атмосферой и отраженного поверхностями солнечного излучения.

При расчете переноса теплового излучения среда принимается поглащающей. В качестве поглащающего и излучающего газа выступают пары воды. Для расчета коэффициента поглощения газовой смесью в УПИ используется модель, предложенная в работе [12] на основе banded WSGG-подхода [25]. Для теплового излучения в качестве граничных условий использовалось как диффузционное излучение, так и зеркальное отражение для боковых открытых границ расчетной области.

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = & T [1 - 0.003(100 - f)] - 0.38V^{0.59} [(36.6 - t) + 0.622(V - 1)] + \\ & + [(0.0015V + 0.008)(36.6 - T) - 0.0167](100 - f) \end{aligned} \quad (8)$$

$$P\text{ЭЭТ} = 125 \lg [1 + 0.02T + 0.001(T - 8)(f - 60) - 0.045(33 - T)\sqrt{V} + 0.185q_{rad}(1 - \alpha)] \quad (9)$$

где T – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; f – относительная влажность, %; V – магнитуда скорости ветра, м/с; q_{rad} – поток солнечной радиации, kBt/m^2 ; α – альбедо кожи человека.

Для оценки погодных условий, которые формируются в зимний период времени, был использован сезонный показатель – индекс жесткости погоды С. Бодману (S) [4]:

$$S = (1 - 0.04T)(1 + 0.272V). \quad (10)$$

Индексы имеют свои интервалы значений, которым соответствуют определенные уровни комфорта. Всем интервалам внутри индексов были присвоены номера, по которым проводится зонирование по уровню комфорта (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Зонирование по уровню комфорта для биоклиматических показателей ЭЭТ, РЭЭТ и S
Comfort level zoning for bioclimatic indices EET, REET and S

Номер зоны	Уровень комфорта		
	ЭЭТ	РЭЭТ	S
1	Начинается угроза обморожения	Очень холодно	крайне суровая
2	Очень холодно	Холодно	жестко суровая
3	Холодно	Умерено холодно	очень суровая
4	Умеренно холодно	Очень прохладно	суровая
5	Очень прохладно	Умеренно прохладно	умерено-суровая
6	Умеренно прохладно	Прохладно	мало-суровая
7	Прохладно	Комфортно (умерено тепло)	несуровая, мягкая
8	Комфорт (умеренно тепло)	Комфортно-тепло	–
9	Комфортно – тепло	Тепловая нагрузка умеренная	–
10	Тепловая нагрузка умеренная	Тепловая нагрузка сильная	–
11	Тепловая нагрузка сильная	–	–

Постановка задачи

Численно исследуется суточная динамика процессов тепломассопереноса и уровней пешеходного комфорта для жилого микрорайона г. Красноярска, который состоит преимущественно из высотных зданий, высота которых составляет около 75 м. Вокруг высоток располагаются мало- и среднеэтажные здания, высота которых варьируется в пределах 3–20 м (рис. 1). Расположение высотных зданий не имеет строго упорядоченной структуры, ближе всего ее описывает строчная застройка [6].

Для более комплексного изучения формирования аэрационного режима в реальном микрорайоне необходимо рассматривать не только адиабатическое обтекание ветровым потоком, но и учитывать теплообменные процессы, которые существенно влияют на структуру течения. Теплообменные процессы, в свою очередь, обусловлены метеоусловиями и теплофизическими свойствами элементов городской среды. Время года и облачность в первую очередь определяют характер и величину падающего солнечного излучения. Кроме этого, облачность влияет на величину теплового излучения атмосферы на земную поверхность. Влажность определяет перенос теплового излучения в приземном слое.

На основе данных, приведенных в [11], были определены исследуемые метеоусловия. В качестве приземной температуры набегающего ветрового потока использовались средняя максимальная (июнь) и минимальная (февраль) температуры воздуха наиболее теплого и холодного месяцев соответственно. Инсоляция рассчитывалась для центрального дня месяца (15 июня и 15 февраля). Сценарии расчетных вариантов приведены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Варианты расчетов
Calculation variants

Вариант	Месяц	Облачность (балл облаков)	Приземная температура набегающего ветра, $^{\circ}\text{C}$	Скорость ветра на высоте 10 м, м/с	Относительная влажность, %
1	июнь	ясно	25	2,5	70
2	июнь	облачно	25		
3	февраль	ясно	-23		
4	февраль	облачно	-23		

Теплообмен атмосферы с городской средой учитывался посредством модели сопряженного теплообмена, включающей в себя одномерное уравнение теплопроводности для стен и наземной поверхности. Для стен в расчетах задавался усредненный коэффициент термического сопротивления, равный $3 \text{ m}^2/(\text{K} \cdot \text{Bt})$, для крыш –

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

$4 \text{ м}^2/(\text{К}\cdot\text{Вт})$. Температура внутри зданий принималась равной 25°C для всех вариантов. Альбедо для кирпичных стен зданий было принято равным 0,25, крыш – 0,1, наземной поверхности – 0,15 [2]. Степень черноты для всех поверхностей была принята равной 1,0, шероховатость наземной поверхности – 0,05 м.

Расчетная область ориентирована по направлению ветра и имеет следующие размеры: длина 1000 м, ширина 850 м, высота 450 м (рис. 1). Географические координаты – 56,03 с.ш. 92,91 в.д, высота места над уровнем моря – 180 м. Дискретизация расчетной области для исследуемого района представляет собой неструктурированную ортогональную сетку с дополнительной детализацией в области зданий, в которой размер ячейки достигает 1 м (рис. 2). Минимальный вертикальный размер ячейки в приземной области составляет 0,35 м. Число ячеек расчетной сетки составляет $\sim 4,9 \times 10^6$. Время суток в расчетах соответствует истинному солнечному времени.

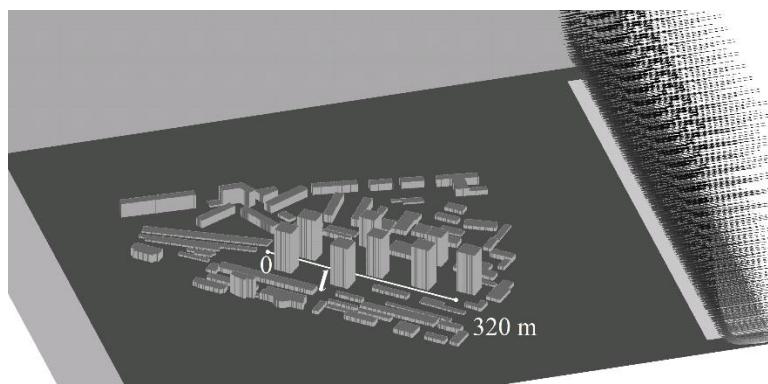


Рис. 1. Геометрия расчетной области. Линия мониторинга данных l и вертикальный профиль скорости ветра
Fig. 1. Geometry of the computational domain. The monitoring line l and vertical profile of the wind velocity

Результаты и обсуждение

Солнечное излучение, являющееся главным источником тепловой энергии, определяет не только внешние метеоусловия, но локальные конвективные потоки и теплообмен в городских районах. Особенностью высотной городской застройки с точки зрения взаимодействия с солнечным излучением является наличие больших областей затемнения (рис. 2).

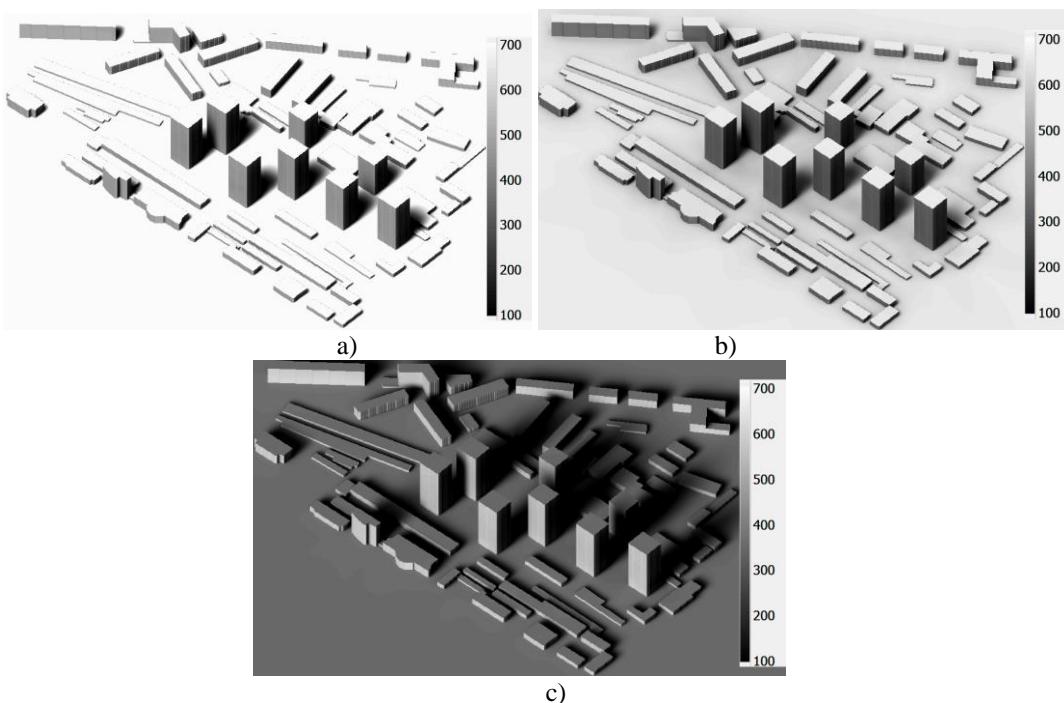


Рис. 2. Поток падающего солнечного излучения $\text{Вт}/\text{м}^2$, 12 ч: а) вариант 1; б) вариант 2; в) вариант 3
Fig. 2. The incident solar radiation flux W/m^2 , 12 p.m.: a) variant 1; b) variant 2; c) variant 3

Для Красноярска данный эффект усиливается географическим положением, поскольку город расположен на значительном удалении от экватора. Таким образом, даже в летний полдень наблюдается существенное затемнение от высотных зданий (рис. 2а).

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

В июне солнце располагается максимально высоко относительно горизонта, вследствие чего основной поток излучения приходится на горизонтальные поверхности (с 10 до 14 ч выше $800 \text{ Вт}/\text{м}^2$). В утренние и вечерние часы области затенения могут накрывать значительную часть городского района. Наличие облачности снижает как общий уровень падающего солнечного излучения, так и градиент между затененными участками и участками, находящимися под прямым солнечным излучением, за счет увеличения доли рассеянного излучения. Зимой в феврале из-за низкой высоты солнца над линией горизонта в полдень (21°) уменьшается поток солнечной радиации на горизонтальную поверхность, с другой стороны, поступление солнечной радиации на вертикальную поверхность увеличивается. Максимальная интенсивность излучения на горизонтальную поверхность падает примерно в два раза по сравнению с июнем (рис. 2).

Рассмотрим изменение ветрового режима в городском квартале в зависимости от времени суток и года, а также условий облачности (рис. 3, 4).

В ночное время поля скоростей для всех вариантов получаются достаточно близкие (рис. 3а, б). Наблюдаемая разница связана с различиями в радиационном теплообмене с атмосферой, а в зимнее время – с наличием теплового потока от зданий. Ночью в городском районе в среднем происходит торможение воздушного потока из-за зданий, но в локальных областях наблюдается ускорение потока в основном при обтекании первого ряда высотных зданий по отношению к ветру. Высотные здания, расположенные позади них, не формируют зон с локальным ускорением потока при попадании в область возвратных течений, созданных первыми высотными зданиями.

В дневное время наиболее значительная трансформация воздушного потока по отношению к ночному наблюдается в июне в ясный день, когда поток солнечного излучения максимальный. Вследствие нагрева наземной поверхности происходит ускорение потока в приземной области как внутри городской застройки, так и вне ее (рис. 3с, 8). В городской застройке вследствие интенсификации течения растет неоднородность поля скорости. Области ускорения потока вблизи высотных зданий увеличиваются как по величине скорости, так и по площади, а также появляются новые. Растет интенсивность и число крупных вихревых зон, возникающих при обтекании средне- и малоэтажных зданий. Появление облачности приводит к небольшому снижению скоростей и повышению однородности поля течения из-за снижения потока солнечного излучения и увеличения доли рассеянного излучения (рис. 3д).

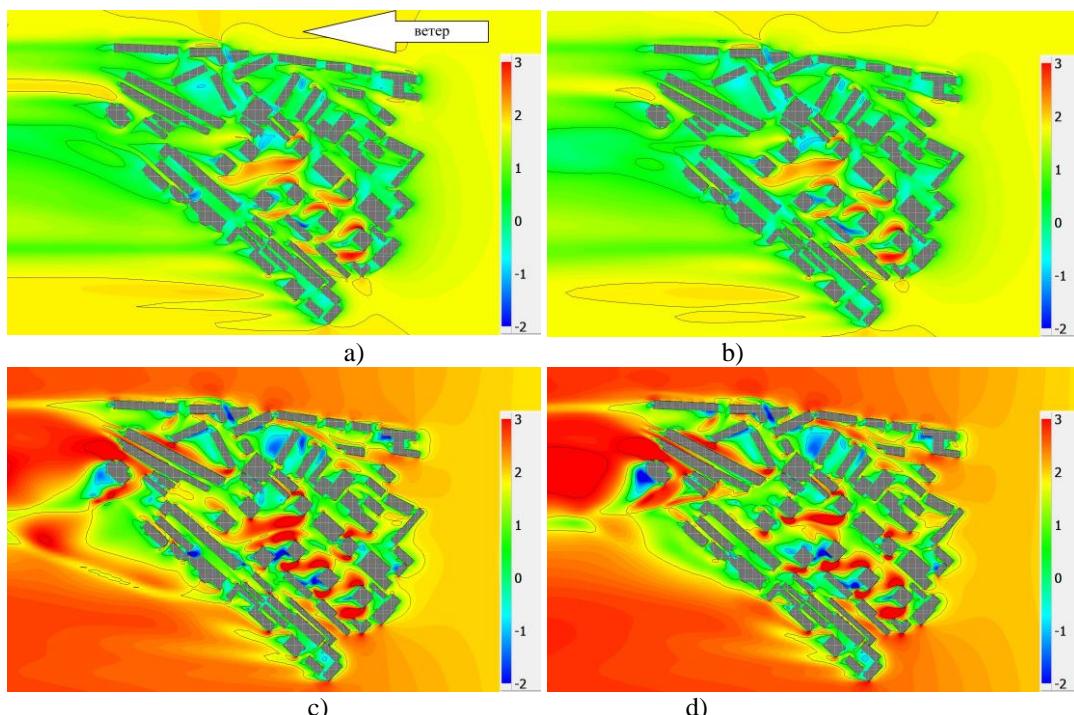


Рис. 3. Поле продольной компоненты скорости Vx (вдоль направления ветра) на высоте 2 м, м/с:
а) 1 ч, Вариант 1; б) 1 ч, Вариант 3; в) 12 ч, Вариант 1; г) 12 ч, Вариант 2 Нанести направление ветра

Fig. 3. Fields of the velocity component Vx (along the wind direction) at a height of 2 m, m/s:
a) 1 a.m., Variant 1; a) 1 a.m., Variant 3; c) 12 p.m., Variant 1; d) 12 p.m., Variant 2

В центральной части городского квартала между высотными зданиями формируется устойчивая область повышенных скоростей, которая сохраняется во всех вариантах. На нее оказывает влияние динамика солнечного излучения, изменяя ее размер и скорость потока, но не разрушая ее полностью. Таким образом, можно предположить, что эта область является зоной пониженного ветрового комфорта для людей.

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

Нагрев приземной области солнечным теплом приводит к формированию восходящих потоков, наблюдаемых как летом, так и зимой. Основная область их формирования – высотные здания, которые обеспечивают нагрев атмосферы по всей высоте здания (рис. 4). Отличие зимы от лета, помимо интенсивности падающего солнечного излучения, связано с тем, что летом в полдень сильнее прогреваются крыши домов, а зимой – стены (рис. 3). Таким образом, если летом атмосфера вокруг высотных зданий нагревается от стен и крыши, то зимой – в первую очередь от стен. Над малоэтажными зданиями тоже формируются восходящие потоки, но их интенсивность и высота подъема заметно меньше. Восходящие потоки, связанные только с обтеканием зданий, можно наблюдать в летнюю ночь, которые в основном формируются вблизи высотных зданий.

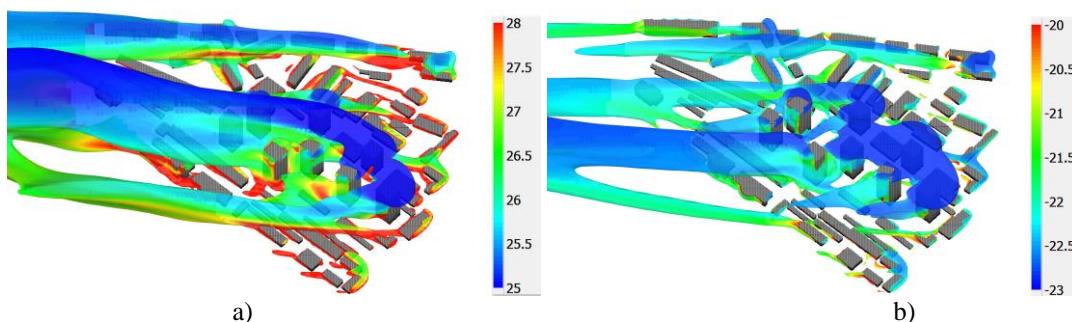


Рис. 4. Изоповерхности компоненты скорости $V_z = 0,3 \text{ м/с}$ с наложенной на нее потенциальной температурой, 13 ч.: а) Вариант 1; б) Вариант 4

Fig. 4. Isosurface of the velocity component $V_z = 0,3 \text{ m/s}$ with the potential temperature overlaid on it, 1 p.m.: a) Variant 1; b) Variant 4.

С восходом солнца начинается прогрев не только зданий, но и земной поверхности, который приводит к росту температуры в приземной области по сравнению с входящим потоком (рис. 5, 7). В июне локальный перегрев на высоте 2 м может достигать 10°C и выше. В феврале величина перегрева значительно меньше (до $\sim 4^\circ \text{C}$), как и время его существования. Это приводит к появлению тепловых шлейфов – вытянутых областей с повышенной температурой (рис. 5). Их образование связано с возникновением свободно конвективных течений от нагретых под действием солнечного излучения поверхностей. Горячий воздух в приземной области не поднимается равномерно со всей поверхности, а собирается в более устойчивые структуры, локализованные в виде шлейфов (рис. 4).

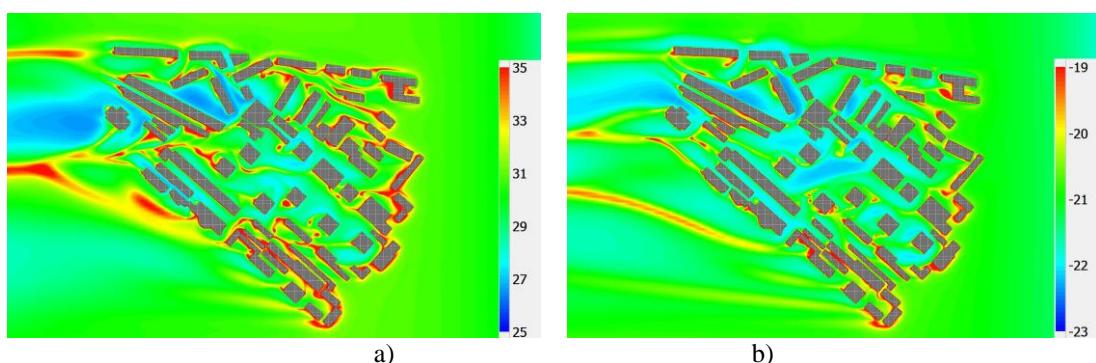


Рис. 5. Поле температуры на высоте 2 м, $^\circ\text{C}$: а) 12 ч, Вариант 1; б) 13 ч, Вариант 3
Fig. 5. Temperature field at a height of 2 m, $^\circ\text{C}$: a) 12 p.m., Variant 1; b) 1 p.m., Variant 3

В зимнее время кроме солнечного излучения увеличивается роль тепла, поступающего в атмосферу от зданий. В данном исследовании не рассматриваются тепловые источники, связанные кондиционированием, вентиляцией и потреблением электрической мощности, а только связанные с перепадом температур между внутренними помещениями зданий и окружающей средой. Когда солнечное излучение еще присутствует, даже в условиях заходящего солнца осуществляется прогрев освещенных стен, в то же время на затененных поверхностях зданий уже наблюдаются тепловые потери (рис. 6а). После заката тепло теряется со всех поверхностей зданий, при этом на крыше потери меньше как вследствие большего термического сопротивления, так и из-за большего потока теплового излучения от атмосферы. Падающее на крыши тепловое излучение атмосферы поступает с полусфера, а на стены только с четверти, также здания могут затенять друг друга. В итоге здания становятся источником прогрева приземной атмосферы, наблюдаемый рост температуры воздуха не превышает $0,5^\circ \text{C}$ (рис. 6б).

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

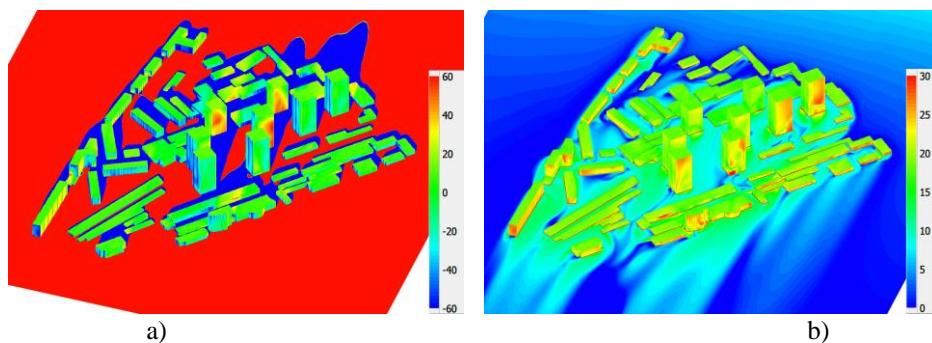


Рис. 6. Поле теплового потока на поверхности зданий, Вт/м². Вариант 3: а) 15 ч, тень от зданий на земле; б) 0 ч, дополнительное горизонтальное сечение поля температур (шкала -23...-22,7° С)

Fig. 6. Heat flux field on the surface of the buildings, W/m². Variant 3: a) 3 p.m., the buildings' shadow on the ground; b) 12 a.m., additional horizontal section of the temperature field (scale -23...-22.7° C)

Распределение температуры и скорости в области высотных зданий носит не однородный и нестационарный характер, что наглядно отражает динамика распределения температур и скорости вдоль линии *l*. Наиболее сильные перепады температур наблюдаются для летних вариантов 1 и 2.

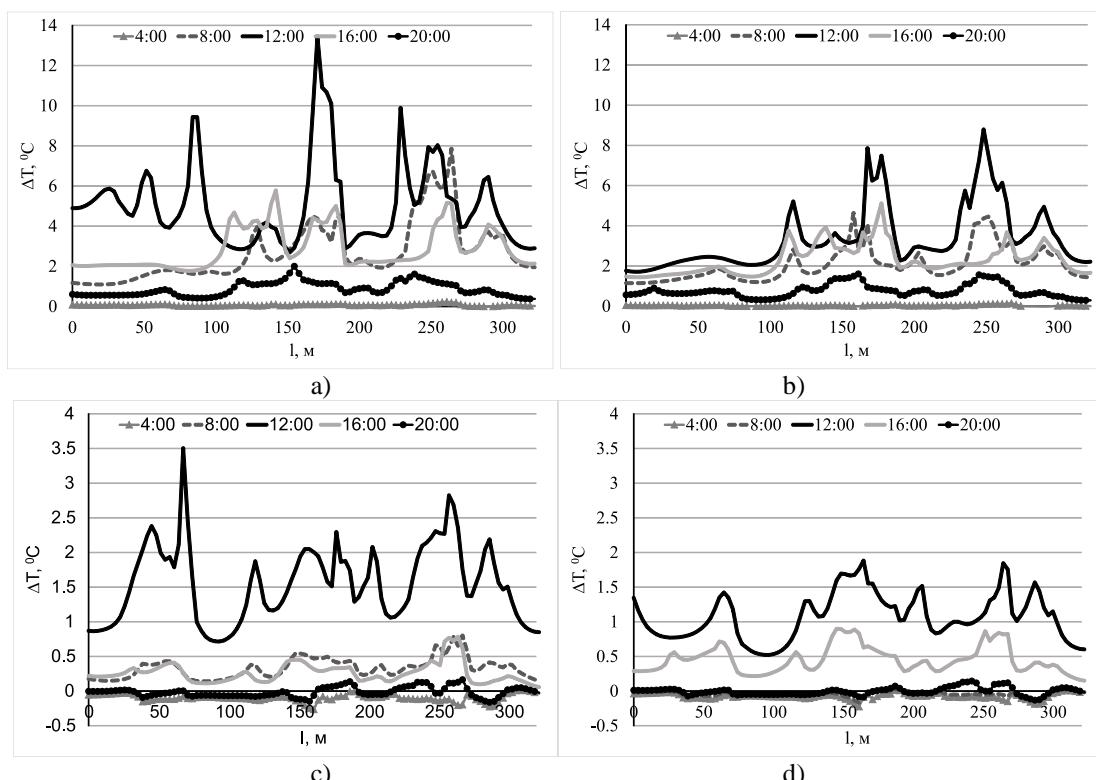


Рис. 7. Распределение отклонения от температуры входящего потока вдоль линии *l* (рис. 1), °С.
а) Вариант 1; б) Вариант 2; в) Вариант 3; г) Вариант 4

Fig. 7. Deviation from the incoming flow temperature along the monitoring line *l* (Fig. 1), °C.
a) Variant 1; b) Variant 2; c) Variant 3; d) Variant 4

Для обоих вариантов в областях *l* = 170 и 250 м наблюдаются пики температур (рис. 7а, б). Этим пикам соответствуют сильные возвратные течения (рис. 8а, б) и дополнительный нагрев от стен зданий тепловым и отраженным солнечным излучением (рис. 2). В зимних вариантах распределение температур имеет более равномерную структуру, в полдень перепад температур не превышает 3° С, а в облачную погоду – 1,5° С (рис. 7с, д). Области рециркуляции остаются, но их интенсивность падает (рис. 8с, д). Кроме этого, зимой из-за снижения содержания паров воды в ночное время наблюдается выхолаживание приземной атмосферы (рис. 7с, д), которое более заметно в ясную погоду.

В целом распределение температур меняется в значительно большей степени, чем скорость. В ходе суточной динамики распределение температур не только заметно меняет свою величину, но и структуру, особенно при

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

сравнении дневного и ночных режима. Распределение скорости в меньшей степени зависит от суточной динамики солнечного излучения. Распределение скорости вдоль линии I сохраняет подобие как в дневное, так и в ночное время. Наибольшие изменения наблюдаются для варианта 1, в котором действие солнечного излучения максимально, в частности в ночное время почти полностью исчезает возвратное течение в областях $I=170$ и 250 м. Наименьшие изменения наблюдаются для варианта 4, в котором действие солнечного излучения минимально (рис. 7).

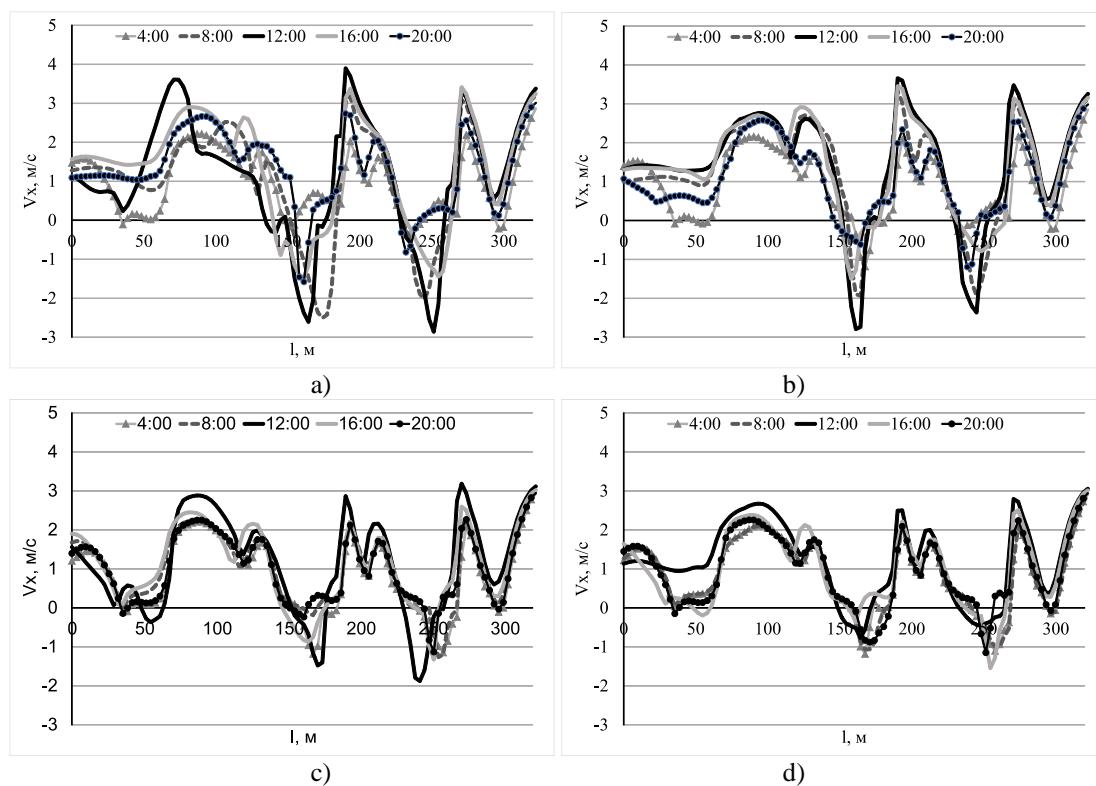


Рис. 8. Распределение компоненты скорости V_x вдоль линии I (рис. 1), м/с. а)
Вариант 1; б) Вариант 2; в) Вариант 3; г) Вариант 4

Fig. 8. The velocity component V_x along monitoring line I (Fig. 1), m/s.
a) Variant 1; b) Variant 2; c) Variant 3; d) Variant 4

Неравномерное и нестационарное распределение полей скорости, температур и излучения приводит к динамически меняющимся зонам пешеходной комфортности. Для Вариантов 1 и 2 для зонирования по уровням пешеходной комфортности используются «летние» критерии ЭЭТ и РЭЭТ (рис. 9а, б), а для Вариантов 3 и 4 – «зимний» критерий сировости S (рис. 9с).

В случае ЭЭТ в Вариантах 1 и 2 к кварталу подходит поток, который формирует однородную зону умеренной тепловой нагрузки «10» в 12 ч, уровень которой снижается к 17 ч до комфортного (тепло) «9». Непосредственно в городском квартале в 12 и 17 ч наличествуют 4 зоны: комфортная (умеренно тепло) – «8», комфортная (тепло) – «9», умеренная тепловая нагрузка – «10», сильная тепловая нагрузка – «11». Зона «8» занимает незначительную область на задней границе квартала по отношению к ветру, где сформировались условия высокой скорости и низкой температуры. Для 12 ч в ясный день в основном вблизи высотных и протяженных зданий преимущественно за счет увеличения скорости и снижения температуры потока формируются более холодные зоны «9». С другой стороны, из-за локальных перегревов воздуха, связанных с нагревом зданий солнечным излучением и формированием тепловых шлейфов, а также в областях с низкими скоростями, образовались более горячие зоны «11», характеризующиеся высоким уровнем дискомфорта. В условиях облачности наблюдается снижение температур, и условия пешеходной комфортности повышаются – преобладающими в квартале становятся зоны «9». Наличие городского квартала в рассматриваемом случае также приводит к тому, что, согласно ЭЭТ, за ним формируются более комфортные условия, чем перед ним. К вечеру, в 17 ч, уровень пешеходной комфортности в среднем возрастает, и доминирующей становится зона «9» (рис. 9с, д). Более теплые зоны «10» в основном сосредоточены вблизи малоэтажной застройки. Самые горячие зоны «11» практически исчезли. Площадь зон «8» увеличилась, но незначительно.

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

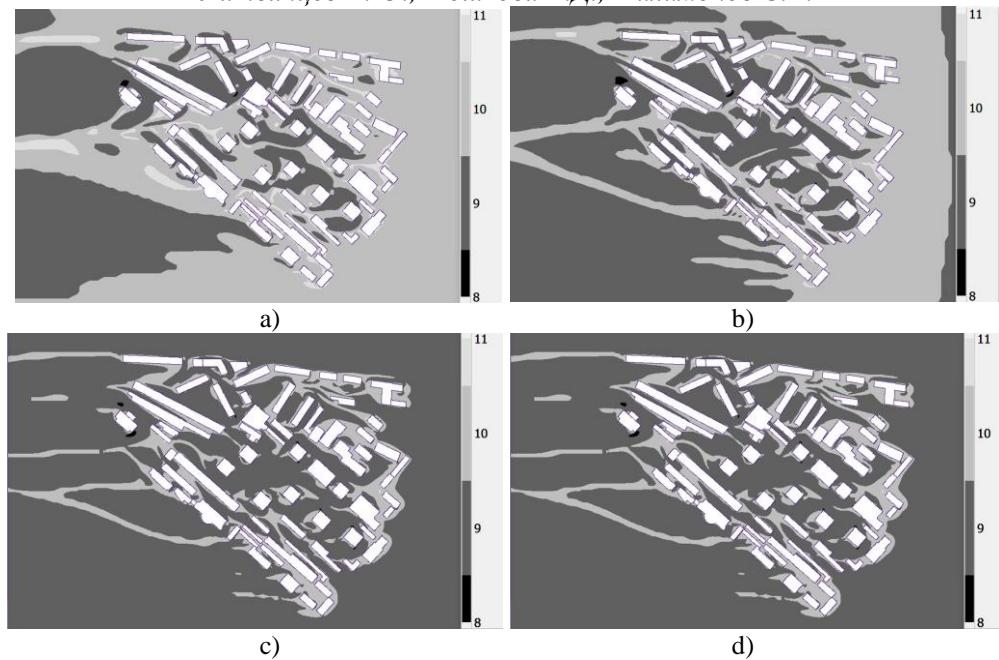


Рис. 9. Поле пешеходной комфортности на основе ЭЭТ:

- а) Варианта 1, 12 ч; б) Варианта 2, 12 ч; в) Варианта 1, 17 ч; г) Варианта 2, 17 ч
 Fig. 9. Human comfort field based on EET: a) Variant 1, 12 p.m.; b) Variant 2, 12 p.m.;
 c) Variant 1, 5 p.m.; d) Variant 2, 5 p.m.

Согласно РЭЭТ, в летний полдень перед городским кварталом устанавливаются комфортно-теплые условия «9» в ясную погоду (Вариант 1) и комфортно-умерено-теплые условия «8» при наличии облачности (Вариант 2), что напрямую обусловлено падением потока солнечного излучения (рис. 10а, б).

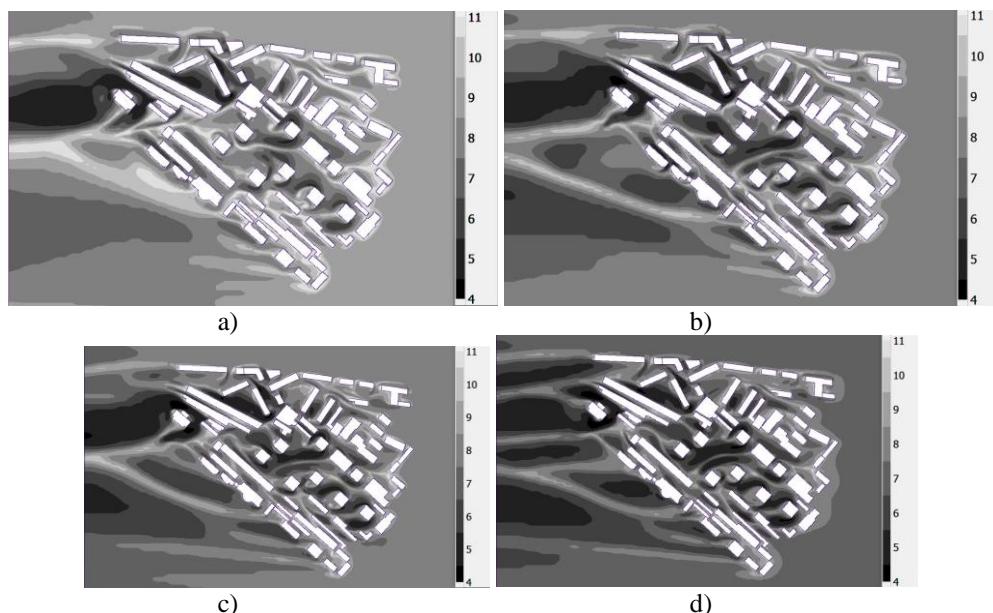


Рис. 10. Поле пешеходной комфортности на основе РЭЭТ:

- а) Варианта 1, 12 ч; б) Варианта 2, 12 ч; в) Варианта 1, 17 ч; г) Варианта 2, 17 ч
 Fig. 10 Human comfort field based on REET:
 а) Variant 1, 12 p.m.; б) Variant 2, 12 p.m.; в) Variant 1, 5 p.m.; г) Variant 2, 5 p.m.

По сравнению с ЭЭТ критерием, для РЭЭТ количество сформировавшихся видов зон уровней комфорта в два раза больше. При этом внутри квартала самые холодные зоны комфорта РЭЭТ – очень прохладные «5» и умеренно прохладные «6» – также расположены вблизи высотных и протяженных зданий, только в отличие от ЭЭТ эти зоны не являются комфортными. Самая холодная зона комфорта – умерено холодная «4» – расположена за кварталом по отношению к ветру в ясную погоду. Данная область характеризуется наиболее низкими

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

температурами (рис. 5а) и высокими скоростями ветра (рис. 3б). Такие условия обусловлены ее расположением между двумя основными восходящими потоками (рис. 4а), между которыми формируется нисходящее течение, за счет чего происходит охлаждение приземной области, так как в среднем на большей высоте температура воздуха ниже. В условиях облачности, несмотря на общее снижение температуры, уровень комфорта в данной области повышается из-за снижения интенсивности восходящих потоков, то есть можно говорить о формировании обратной связи, когда общее повышение температуры в приземной области приводит ее к локальному снижению. В ясную погоду в полдень зоны с умеренной «10» и сильной тепловой «11» нагрузкой занимают достаточно большие области и не только вблизи зданий, но и в тепловых шлейфах за кварталом (рис. 10а). Снижение интенсивности солнечного излучения за счет облачности и особенно в вечернее время приводит к существенному сокращению зон «11» вплоть до их фактического исчезновения (рис. 10д). В вечернее время зонами климатического комфорта остаются кварталы с малоэтажными зданиями, вблизи высотных домов образуются зоны относительно прохладные, особенно в центре городского квартала в устойчивой области повышенных скоростей (рис. 10с, д, рис. 3).

Стоит отметить, что в РЭТ хотя и присутствует учет воздействия солнечного излучения на человека, его вклад при расчете уровня комфорта минимален, что хорошо видно по отсутствию влияния теневых зон на поле пешеходной комфортности (рис. 10а, б).

Для зимнего времени зоны климатического комфорта строились согласно балльной системе Бодмана (S). Перед кварталом формируются условия, соответствующие очень суровым «5». Внутри квартала происходит понижение уровня комфорта до жестко суровых условий «4» вблизи высотных зданий, более теплых суровых зон «6» немного. В данном случае видно, что влияние облачности на климатический комфорт менее заметно, чем летом для ЭТ и РЭТ. Тем не менее в ясную погоду в среднем погода ощущается как более холодная, чем в облачную, из-за более высоких скоростей ветра (рис. 11а, б). В вечернее время в квартале снижаются как температуры (рис. 7с, д), так и скорость (рис. 8с, д), но в итоге падение скорости оказывает более сильное положительное воздействие, что приводит к заметному уменьшению зон «4».

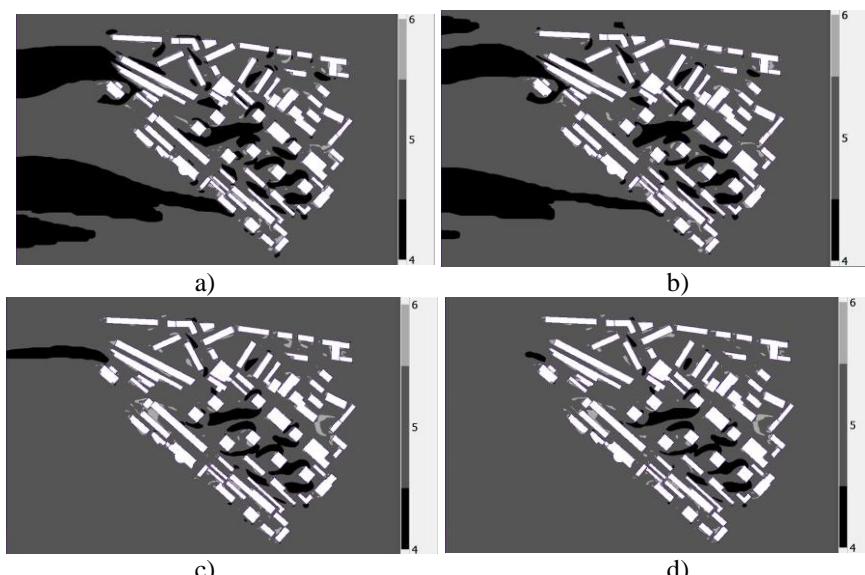


Рис. 11. Поле пешеходной комфортности на основе S:
а) Варианта 3, 12 ч; б) Варианта 4, 12 ч; в) Варианта 3, 17 ч; г) Варианта 4, 17 ч
Fig. 11. Human comfort field based on S: а) Variant 1, 12 p.m.; б) Variant 2, 12 p.m.;
в) Variant 1, 5 p.m.; г) Variant 2, 5 p.m.

Заключение

С использованием микромасштабной модели городской атмосферы, реализованной в программном комплексе SigmaEco, было проведено численное исследование суточной динамики процессов тепломассобмена в жилом квартале г. Красноярска в летний и зимний период времени, а также выполнена оценка влияния метеоусловий на формирование пешеходной комфортности в условиях изменяющейся суточной инсоляции.

Приведенные результаты численного моделирования тепломассобменных процессов в условиях ясного и облачного неба показывают, что аэрационный режим в городской застройке носит нестационарный характер и зависит в первую очередь от суточной динамики солнечного излучения, которая определяется временем года и облачностью. Наличие облачности приводит к снижению интенсивности излучения и уменьшению его неоднородности из-за увеличения доли рассеянного излучения. Зимнее время характеризуется снижением мощности солнечного излучения и изменением нагрева поверхностей из-за более низкого расположения солнца, которое приводит к увеличению затененных областей. Тепловое излучение, особенно в летнее время, днем выступает в

Метеорология

Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.

качестве одного из механизмов отвода солнечного тепла, позволяя уменьшать нагрев поверхностей. В зимнее время посредством теплового излучения происходит выхолаживание наземных поверхностей и, соответственно, остывание приземной атмосферы, что приводит к дополнительному снижению скоростей на низких высотах.

Характер застройки также в значительной мере влияет на процессы тепломассопереноса, как минимум снижая среднюю скорость набегающего потока и перераспределяя тепло от солнечного излучения. При постоянных характеристиках ветра наиболее близким к адиабатическому обтеканию зданий является летний ночной режим, когда солнечное излучение отсутствует, наличие паров воды препятствует остыванию поверхностей и уменьшает воздействие антропогенных источников тепла. Особенностью данного района является наличие доминантных сооружений – высотных одноподъездных зданий. В отличие от малоэтажных зданий в приземной области для них возможно только боковое обтекание ветровым потоком, что способствует формированию локальных зон повышенных скоростей. Если высотные здания попадают в аэродинамическую тень от первых по отношению к ветру высотных зданий, то в этом случае области повышенных скоростей могут отсутствовать. Также они формируют большие области затенения, снижая прогрев земной поверхности и обеспечивая нагрев атмосферы на больших высотах. В рассматриваемом случае высотные здания образуют в центральной части квартала коридор, который при заданном направлении ветра формирует значительную по размерам и устойчивую область повышенных скоростей.

С точки зрения биоклиматических показателей, суточная динамика метеовеличин обуславливает непостоянство уровня пешеходной комфортности в городской среде, а наличие облачности приводит к изменению теплового воздействия. В целом солнечное излучение, с одной стороны, повышает температуру, а с другой стороны, приводит к росту скоростей, что провоцирует возникновение конкурирующих разнонаправленных трендов теплового воздействия на человека, вследствие чего, например, снижение величины солнечного излучения зимой может вызвать увеличение теплового комфорта. Если сравнивать уровень пешеходной комфортности по двум летним показателям, то ЭЭТ показывает более комфортные условия и меньшее число зон, чем РЭТ. Таким образом, вопрос выбора биоклиматических показателей требует дополнительного анализа их применимости для оценки уровня пешеходного комфорта к конкретным условиям. Кроме того, в рассматриваемых биоклиматических показателях отсутствует радиационная составляющая (ЭЭТ и S) или ее влияние минимально (РЭТ), что имеет особенно существенное значение в летнее время, когда нахождение в тени или под прямым солнечным излучением значительно влияет на ощущение комфорта.

В итоге полученные результаты численного моделирования демонстрируют влияние на пешеходную комфортность не только внутренней геометрии городского квартала и характеристик ветрового потока, но и суточной динамики метеовеличин, определяемой изменением потока солнечного излучения.

Библиографический список

1. Андреев С.С. Биоклиматические показатели (индексы) // Известия ВУЗов. Северо-кавказский регион. 2007. № 4. С. 109–110. EDN: KZQOYZ
2. Богатырев Д.С., Медведев Ю.Ф., Юденич Е.В., Яцковская И.Ю., Болынаковак Р.П., Коркина Е.В. Расчеты теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период: методическое пособие. М., 2017. С. 117.
3. Головина Е.Г., Трубина М.А. Методика расчетов биометеорологических параметров (индексов). СПб, 1997. 110 с.
4. Добрынина И.В., Акимов Л.М., Куролан С.А. Медико-географическая оценка климатической комфортности территории Воронежской области // Вестник ВГУ. 2013. № 1. С. 120–128. EDN: QYPDFV
5. Кузякина М.В., Гура Д.А. Оценка комфорта биоклиматических условий Краснодарского края с применением ГИС-технологий // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. З. С. 66–76. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-3-66-76 EDN: EETFRM
6. Мешкова В.Д., Шульженко П.Д., Дектерев А.А., Литвинцев К.Ю., Мешков К.Н. Численное исследование формирования аэрационного режима и условий ветрового комфорта в разных морфотипах городской застройки // Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем: материалы и доклады. 2023. С. 251–254. DOI: 10.25743/SSTS.2023.80.52.061 EDN: FXOSRF
7. Красноярский край, Тувинская АССР // Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. Вып. 21, Кн. 1. С. 623.
8. Парфенова Е.Е., Переведенцев Ю.П. Особенности биоклиматата г. Ульяновска в начале XXI века // Географический вестник. 2022. № 2 (61). С. 61–72. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-2-61-72 EDN: ERSATR
9. Переведенцев Ю.П., Шумихина А.В. Динамика биоклиматических показателей комфорта природной среды в Удмуртской Республике // Ученые записки казанского университета. Серия Естественные науки. 2016. Т. 158, Кн. 4. С. 531–547. EDN: XWRPVV
10. Поддаева О.И., Дубинский С.И., Федосова А.Н. Численное моделирование ветровой аэродинамики высотного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 9. С. 23–27. EDN: SNJVBH
11. Свод правил. Строительная климатология СНиП 23-01-99. 2021.
12. Cassol F., Brittes R., França F., Ezekoye O. Application of the weighted-sum-of-gray-gases model for media composed of arbitrary concentrations of H₂O, CO₂ and soot // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2014. Vol. 79. P. 796–806. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.08.032 EDN: UUUTTL
13. Chai J. C., Lee H.S., Patankar S. V. Finite-Volume Method for Radiation Heat Transfer // Journal of thermophysics and heat transfer. 1994. No. 8 (3). P. 419–425. DOI: 10.2514/3.559DOI: 10.2514/3.559
14. Coccolo S., Kämpf J., Scartezzini J.-L., Pearlmutter D. Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards // Urban Climate. 2016. Vol. 18. P. 33–57. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.08.004 EDN: YWDTPL
15. Gaoa Z., Bressona R., Y. Qua Y., Maya M., Munckb C., Carissimoa B. High resolution unsteady RANS simulation of wind, thermal effects and pollution dispersion for studying urban renewal scenarios in a neighborhood of Toulouse // Urban Climate. 2018. Vol. 23. P. 114–130. DOI: 10.1016/j.uclim.2016.11.002
16. Huo H., Chen F., Geng X., Tao J., Liu Z., Zhang W., Leng P. Simulation of the Urban Space Thermal Environment Based on Computational Fluid Dynamics: A Comprehensive Review // Sensors. 2021. 21. 6898. DOI: 10.3390/s21206898 EDN: SXRHIF
17. Kalogeropoulos G., Dimoudi A., Toumboulidis P., Zoras S. Urban Heat Island and Thermal Comfort Assessment in a Medium-Sized Mediterranean City // Atmosphere. 2022. 13. 1102. DOI: 10.3390/atmos13071102 EDN: AMNSVR

*Метеорология**Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.*

18. Korniyenko S.V. The influence of the sky radiative temperature on the building energy performance // Magazine of Civil Engineering. 2022. 114 (6). Article No. 11412. DOI: 10.34910/MCE.114.12 EDN: URYDBV
19. Litvintsev K.Yu., Dekterev A.A., Meshkova V.D., Filimonov S.A. Influence of radiation on the formation of wind and temperature regimes in urban environment // Thermophysics and Aeromechanics. 2023. 30, 4. P. 683–694. DOI: 10.1134/s086986432304008x EDN: GUDWZR
20. Litvintsev K.Yu., Sentyabov A.V. Application of the finite volume method for calculating radiation heat transfer in applied problems // Bulletin of the south ural state university series-mathematical modelling programming & computer software. 2021. 14 (3). P. 77–91. DOI: 10.14529/mmp210306 EDN: DYDWLX
21. Louis J.F. A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere // Boundary-Layer Meteor. 1979. Vol. 17. 2. P. 187–202. DOI: 10.1007/BF00117978 EDN: XBVDSU
22. Menter F.R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications// AIAA Journal. 1994. 32. 8. P. 1598–1605. DOI: 10.2514/3.12149
23. Meshkova V., Filimonov S., Dekterev A., Vetrov A., Shulzhenko P. Numerical prediction of bioclimatic comfort level of urban development in street spaces // E3S Web of Conferences. 2024. 592. 02012. EMMFT-2024 DOI: 10.1051/e3sconf/2024592020122 EDN: TTKYRH
24. Mochida A., Lun Y.F. Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area // J Wind Eng Ind Aerodyn. 2008. 96 (10). P. 1498–1527. DOI: 10.1016/j.jweia.2008.02.033
25. Modest M.F. The Weighted-Sum-of-Gray-Gases Model for Arbitrary Solution Methods in Radiative Transfer // ASME Journal of Heat Transfer. 1991. Vol. 113 (3). P. 650–656.
26. Ogura Y., Charney J.G. A numerical model of thermal convection in the atmosphere. // Proc. Int. Symp. on Numerical Weather Prediction, Tokyo. Japan, Meteorological Society of Japan. 1962. P. 431–451.
27. Qu Y., Milliez M., Musson-Genon L., Carissimo B. Numerical study of the thermal effects of buildings on low-speed airflow taking into account 3D atmospheric radiation in urban canopy // Journal of wind engineering and industrial aerodynamics. 2012. Vol. 104–106. P. 474–483. DOI: 10.1016/j.jweia.2012.03.008
28. Richards P., Hoxey R. Appropriate boundary conditions for computational wind engineering models using the k- ϵ turbulence model // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 1993. Vol. 46–47. P. 145–153. DOI: 10.1016/0167-6105(93)90124-7
29. Robinson D. Computer modelling for sustainable urban design-physical principles, methods and applications. L.: Earthscan, 2011.
30. Tominaga Y., Shirzadi M. Wind tunnel measurement of three-dimensional turbulent flow structures around a building group: Impact of high-rise buildings on pedestrian wind environment // Building and Environment. 2021. Vol. 206. P. 108389. DOI: 10.1016/j.bul.2021.107504 EDN: FOUQII
31. Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies. Palme M., Salvati A. (Eds.). Springer Nature Switzerland. 2021. P. 560. DOI: 10.1007/978-3-030-65421-4
32. Vieira Zezzo L., Pereira Coltri P., Dubreuil V. Microscale models and urban heat island studies: a systematic review // Environmental Monitoring and Assessment. 2023. 195. 1284. DOI: 10.1007/s10661-023-11906-2 EDN: MQHCUD

References

1. Andreev S. S. (2007) Bioclimatic indicators (indices). News of higher education institutions. North Caucasian region. 4. pp. 109-110
2. Bogatyrev D.S., Medvedev Y.F., Yudenich E. V., Yatskovskaya I.Y., Bolynakovak R.P., Korkina E.V. (2017) Methodical manual. Calculations of heat input to the building from incident solar radiation during the heating period. Moscow.
3. Golovina E.G., Trubina M.A. (1997) Methodology for calculating biometeorological parameters (indices). St. Petersburg.
4. Dobrynina I.V., Akimov L.M., Kurolap S.A. (2013) Medical and geographical assessment of climatic comfort in Voronezh oblast, Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoeconomics, 1, pp. 120-128.
5. Kuzyakina M.V., Gura D.A. (2020) Assessment of bioclimatic comfort of the Krasnodar territory, Russia through the application of GIS-technologies. South of Russia: ecology, development, Vol 15, 3, pp. 66-76. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2020-3-66-76>
6. Meshkova V.D., Shulzhenko P.D., Dekterev A.A., Litvintsev K. Yu., Meshkov K.N. (2023) Numerical study of the formation of the aeration regime and wind comfort conditions in different morphotypes of urban development, Safety and monitoring of technogenic and natural Systems. Materials and reports. P. 251-254. <https://doi: 10.25743/SSTS.2023.80.52.061>
7. Scientific and applied handbook on the climate of the USSR, Krasnoyarsk Territory, Tuva ASSR, no 21. vol 1. 1990. L.: Gidrometeoizdat.
8. Parfenova E. E., Perevedentsev Y. P. (2022) The bioclimate of Ulyanovsk at the beginning of the 21st century. Geographical Bulletin, 2(61), pp. 61–72. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-2-61-72>
9. Perevedentsev Yu. P., Shumikhina A. V. (2016) Dynamics of bioclimatic indicators of comfort of the natural environment in the Udmurt Republic. Scientific notes of Kazan University. Series of Natural Sciences. 158. 4. pp. 531-547.
10. Poddaeva O.I., Dubinsky S.I., Fedosova A.N. (2014) Numerical simulation of wind aerodynamics of a high-rise building. Industrial And Civil Engineering. 2014. 9. pp. 23-27.
11. Set of rules. Building climatology. SNiP 23-01-99. (2021).
12. Cassol F., Brittes R., França F., Ezekoye O. (2014) Application of the weighted-sum-of-gray-gases model for media composed of arbitrary concentrations of H₂O, CO₂ and soot, International Journal of Heat and Mass Transfer, 79, pp. 796-806 <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.08.032>.
13. Chai, J. C., Lee H.S. (1994) Patankar, S. V. Finite-Volume Method for Radiation Heat Transfer, Journal of thermophysics and heat transfer, 8(3), pp. 419 – 425. <https://doi.org/10.2514/3.559>.
14. Cocco S., Kämpf J., Scartezzini J.-L., Pearlmuter D. (2016) Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. Urban Climate. Vol. 18. pp. 33-57. doi: 10.1016/j.ulclim.2016.08.004.
15. Gaoa Z., Bressona R., Y.Qua Y., M. Maya, Munckb C., Carissimoa B. (2018) High resolution unsteady RANS simulation of wind, thermal effects and pollution dispersion for studying urban renewal scenarios in a neighborhood of Toulouse. Urban Climate. Vol. 23. pp. 114-130. doi: 10.1016/j.ulclim.2016.11.002
16. Huo H., Chen F., Geng X., Tao J., Liu Z., Zhang W., Leng P. (2021) Simulation of the Urban Space Thermal Environment Based on Computational Fluid Dynamics: A Comprehensive Review. Sensors. 21. 6898. doi: 10.3390/s21206898.
17. Kalogeropoulos G., Dimoudi A., Toumboulidis P., Zoras S. (2022) Urban Heat Island and Thermal Comfort Assessment in a Medium-Sized Mediterranean City. Atmosphere. 13. 1102. doi: 10.3390/atmos13071102
18. Korniyenko, S.V. (2022) The influence of the sky radiative temperature on the building energy performance. Magazine of Civil Engineering. 114(6). Article No. 11412. doi:10.34910/MCE.114.12
19. Litvintsev K.Yu., Dekterev A.A., Meshkova V. D., Filimonov S.A. (2023) Influence of radiation on the formation of wind and temperature regimes in urban environment, Thermophysics and Aeromechanics, 30(4), pp. 683-694. <https://doi.org/10.1134/s086986432304008x>
20. Litvintsev K. Yu., Sentyabov A. V. (2021) Application of the finite volume method for calculating radiation heat transfer in applied problems, Bulletin of the south ural state university series-mathematical modelling programming & computer software, 14 (3), pp. 77-91. <https://doi.org/10.14529/mmp210306>.

*Метеорология**Литвинцев К.Ю., Мешкова В.Д., Филимонов С.А.*

21. Louis J.F. (1979) A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere, *Boundary-Layer Meteor*, 17(2), pp. 187–202. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00117978>.
22. Menter, F.R. (1994) Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications, *AIAA Journal*, 32, 8, pp. 1598–1605. <https://doi.org/10.2514/3.12149>.
23. Meshkova V., Filimonov S., Dekterev A., Vetrov A., Shulzhenko P. (2024) Numerical prediction of bioclimatic comfort level of urban development in street spaces, *E3S Web of Conferences* 592, 02012. EMMFT-2024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202459202012>
24. Mochida A. and Lun Y.F. (2008) Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area. *J Wind Eng Ind Aerodyn.* 96 (10). pp. 1498–1527. doi:10.1016/j.jweia.2008.02.033
25. Modest M.F. (1991) The Weighted-Sum-of-Gray-Gases Model for Arbitrary Solution Methods in Radiative Transfer, *ASME Journal of Heat Transfer*, 113 (3), pp. 650–656.
26. Ogura, Y., Charney J. G. (1962) A numerical model of thermal convection in the atmosphere, *Proc. Int. Symp. on Numerical Weather Prediction*, Tokyo, Japan, Meteorological Society of Japan, pp. 431–451.
27. Qu Y., Milliez M., Musson-Genon L., Carissimo (2012) B. Numerical study of the thermal effects of buildings on low-speed airflow taking into account 3D atmospheric radiation in urban canopy. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*. Vol. 104–106. pp. 474–483. doi: 10.1016/j.jweia.2012.03.008
28. Richards P., Hoxey R. (1993) Appropriate boundary conditions for computational wind engineering models using the k- ϵ turbulence model, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 46–47, pp. 145–153. [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(93\)90124-7](https://doi.org/10.1016/0167-6105(93)90124-7).
29. Robinson D. (2011) Computer modelling for sustainable urban design-physical principles, methods and applications. L.: Earthscan.
30. Tominaga Y., Shirzadi M. (2021) Wind tunnel measurement of three-dimensional turbulent flow structures around a building group: Impact of high-rise buildings on pedestrian wind environment. *Building and Environment*. Vol. 206. 108389. doi: 10.1016/j.bul.2021.107504
31. Urban Microclimate Modelling for Comfort and Energy Studies. (2021) Palme M., Salvati A. (Eds.). Springer Nature Switzerland. doi: 10.1007/978-3-030-65421-4
32. Vieira Zezzo L., Pereira Coltri P., Dubreuil V. (2023) Microscale models and urban heat island studies: a systematic review. *Environmental Monitoring and Assessment*. 195. 1284. doi: 10.1007/s10661-023-11906-2

Статья поступила в редакцию: 28.04.25, одобрена после рецензирования: 03.06.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 28 April 2025; approved after review: 3 June 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Кирилл Юрьевич Литвинцев

кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, Институт теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук;
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 1

e-mail: sttupick@yandex.ru

Виктория Дмитриевна Мешкова

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Сибирский Федеральный Университет;
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79

e-mail: redel-vd@yandex.ru

Сергей Анатольевич Филимонов

кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук;
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 1

e-mail: bdk@inbox.ru

Information about the authors

Kirill Yu. Litvintsev

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Researcher, Institute of Thermal Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
1, prospekt Akademika Lavrentieva, Novosibirsk, 630090, Russia

Victoriya D. Meshkova

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher,
Siberian Federal University;
79, Svobodny prospect, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Sergey A. Filimonov

Candidate of Engineering Sciences, Researcher, Institute of Thermal Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, prospekt Akademika Lavrentieva, Novosibirsk, 630090, Russia

Вклад авторов

Литвинцев К.Ю. – численное моделирование, интерпретация результатов исследования, написание текста статьи.

Мешкова В.Д. – сбор материала, подготовка обзора литературы по данному исследованию, написание текста статьи.

Филимонов С.А. – создание расчетной области и сетки, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Kirill Yu. Litvintsev – numerical simulation, interpretation of the results of the study, writing the text of the article.

Victoriya D. Meshkova – collection and generalization of the database, writing the text of the article.

Sergey A. Filimonov – creating computational domain and grid, scientific editing of the text.

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

Гидрология

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК: 911.2

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-119-129

EDN: VGTCIJ

**УСТОЙЧИВОСТЬ РУСЕЛ РЕК БАССЕЙНА Р. УРАЛ К ЗАИЛЕНИЮ**Александр Сергеевич Завадский¹, Константин Михайлович Беркович², Арсений Андреевич Камышев³^{1, 2}, 3 Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

1 az-mgu@mail.ru, Researcher ID: M-3089-2015

2 berkovitch@yandex.ru, Researcher ID: M-3158-2015, Scopus Author ID: 6601927306

3 arsenii.kamyshev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9081-8006, SPIN-код: 5957-5679

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы устойчивости русел рек бассейна Урала к процессам заиления, развивающимся под воздействием комплекса природных и антропогенных факторов, в условиях современных и прогнозируемых климатических изменений. Особое вниманиеделено влиянию ожидаемого сокращения водоносности рек, а также возможному усилению сельскохозяйственного освоения водосборов, способных существенно повысить поступление мелкодисперсных наносов в русловую сеть. Установлено, что снижение руслоформирующих расходов приводит к уменьшению транспортирующей способности потока и, как следствие, ускоряет процессы аккумуляции наносов, особенно в верхних звеньях речной системы и на малых водотоках, обладающих ограниченным стоком воды. Показано, что максимальной устойчивостью к заиению характеризуются реки с врезанными руслами, значительными уклонами и узкими поймами, способные сохранять высокие значения гидравлической мощности потока. В противоположность этому, широкопойменные реки и участки с низким модулем стока проявляют наибольшую чувствительность к нарушению руслового режима и снижению водоносности.

Прогнозируемое сокращение стока на 15–20 % к середине XXI в. может привести к расширению территорий, подверженных риску заиления, что усиливает необходимость разработки адаптационных подходов к управлению водными ресурсами, включая противоэрозионные мероприятия в пределах сельскохозяйственно освоенных бассейнов. Полученные результаты могут служить основой для формирования научно обоснованных решений в области рационального использования водных ресурсов, предотвращения деградации русловых систем, а также пространственного планирования природоохранных мероприятий, направленных на поддержание функциональной устойчивости гидрографической сети бассейна Урала в условиях климатических и антропогенных изменений.

Ключевые слова: устойчивость русел рек, заиление, транспортирующая способность потока, водоносность рек, антропогенное воздействие, бассейн реки Урал

Финансирование. Исследование выполнено по планам НИР (Г3) научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова «Гидрология, морфодинамика и геоэкология эрозионно-русловых систем» (проект 121051100166-4).

Для цитирования: Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А. Устойчивость русел рек бассейна р. Урал к заиению // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 119–129. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-119-129 EDN VGTCIJ

HYDROLOGY

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-119-129

EDN: VGTCIJ

THE RESISTANCE OF RIVERBEDS IN THE URAL RIVER BASIN TO SILTINGAlexander S. Zavadsky¹, Konstantin M. Berkovich², Arseniy A. Kamyshev³^{1, 2, 3} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

1 az-mgu@mail.ru, ResearcherID: M-3089-2015

2 berkovitch@yandex.ru, ResearcherID: M-3158-2015, Scopus Author ID: 6601927306

3 arsenii.kamyshev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9081-8006, SPIN-code: 5957-5679



© 2025 Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А. Распространяется по лицензии CC BY 4.0. Чтобы ознакомиться с условиями этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Гидрология

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

Abstract. The study examines the resistance of river channels in the Ural River basin to siltation processes developing under the combined influence of natural and anthropogenic factors in the context of current and projected climatic changes. Special attention is given to the impact of the anticipated reduction in river water yield as well as to the potential intensification of agricultural development within the catchments, which may significantly increase the supply of fine sediments to the fluvial network. The study has established that the reduction of channel-forming discharges leads to a decrease in the sediment-transport capacity of the flow and, consequently, accelerates sediment accumulation, particularly in the upper segments of the river system and in small watercourses characterized by limited water discharge. It is shown that rivers with incised channels, significant longitudinal slopes, and narrow floodplains – which maintain high hydraulic power – demonstrate the greatest resistance to siltation. In contrast, wide-floodplain rivers and reaches with low runoff yield exhibit the highest sensitivity to disturbances of channel dynamics and reductions in water availability.

The projected 15–20% decline in river discharge by the mid-21st century may lead to an expansion of areas vulnerable to siltation, reinforcing the need to develop adaptive approaches to water-resource management, including anti-erosion measures within agriculturally developed basins. The results obtained may serve as a basis for scientifically grounded decision-making in the field of rational water-resource use, prevention of channel degradation, and spatial planning of environmental protection measures aimed at maintaining the functional stability of the hydrographic network of the Ural basin under climatic and anthropogenic change.

Keywords: river channel stability, siltation, stream transport capacity, river water yield, anthropogenic impact, Ural River basin

Funding: the work was carried out according to the state assignment undertaken by the Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes at Lomonosov Moscow State University ‘Hydrology, morphodynamics, and geoecology of erosion-channel systems’ (project No. 121051100166-4)

For citation: Zavadsky, A.S., Berkovich, K.M., Kamyshev, A.A. (2025). The resistance of riverbeds in the Ural river basin to silting. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 119–129. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-119-129 EDN: VGTCIJ

Введение

Одной из ключевых проблем функционирования речных систем в условиях интенсивного природопользования является устойчивость русел к заилиению – процессу накопления наносов, приводящему к деструктивным изменениям русловой морфологии и гидрологических характеристик рек [6, 11, 13, 14]. Эта проблема остро проявляется в бассейне Урала, где природные особенности формирования речных русел сочетаются с масштабным антропогенным воздействием на водный и русловой режим рек. В вызванное заилиением снижение транспортирующей способности речных потоков приводит к деградации экосистем, осложняет хозяйственное водопользование и повышает опасность наводнений.

Устойчивость речных русел к заилиению зависит от комплекса факторов: геолого-геоморфологических условий водосбора, морфометрии русла и пойменного комплекса, водного режима и характеристики стока наносов, а также характера и интенсивности хозяйственного освоения водосборных территорий [7, 9]. Еще одним фактором, определяющим устойчивость русел бассейна Урала в среднесрочной перспективе, является прогнозируемое сокращение годового и половодного стока на 15–20 % к середине XXI в. [5, 10, 12].

Целью работы является количественная оценка устойчивости русел рек бассейна Урала к заилиению на основе расчета продольной изменчивости их транспортирующей способности, сопоставление последней с возможными объемами поступления наносов в русловую сеть, картографическая визуализация степени устойчивости русел рек в бассейне Урала к заилиению. Результаты выполненного исследования могут быть направлены на выявление уязвимых территорий, требующих приоритетных мер по недопущению деградации речных русел, а также использованы при разработке адаптационных стратегий управления водными ресурсами при хозяйственном освоении водосборов и прогнозировании последствий изменения климата.

Объект и методы исследования

Объектом исследования стали наиболее крупные реки бассейна Урала (в границах Оренбургской области и южных районов Башкортостана), формирующиеся в различных морфологических условиях (равнинные, предгорные, горные). Количественная оценка изменчивости транспортирующей способности потока (величины предельного расхода наносов, способных переноситься потоком при фиксированном расходе воды) на реках бассейна Урала была проведена на основе формулы Е.М. Замарина [4], адаптированной для оценки устойчивости речных русел к заилиению [3]. Транспортирующая способность водного потока пропорциональна произведению расхода воды на квадратный корень из уклона русла ($QI^{0.5}$). Теоретическая зависимость расхода наносов, соответствующего транспортирующей способности для наносов среднего размера 0,1 мм (основная фракция, поступающая с водосбора в результате плоскостного смыва) [1], может быть определена с использованием данных Н.А. Ржаницына [8] о морфометрических и гидрологических характеристиках рек Европейской части России. Модуль стока наносов линейно связан с произведением $QI^{0.5}$ [15]. Теоретическое значение $QI^{0.5}$ связано с длиной реки (L) по следующей зависимости (1)

$$QI^{0.5} = 0,0014L^{1.16}. \quad (1)$$

Гидрология

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

Для основных рек бассейна Урала была рассчитана продольная изменчивость (по длине реки) значения $QI^{0.5}$ (теоретическое значение по формуле (1) и реальное – на основе базы данных гидрологических и морфометрических характеристик, созданной в рамках предыдущих исследований [2]).

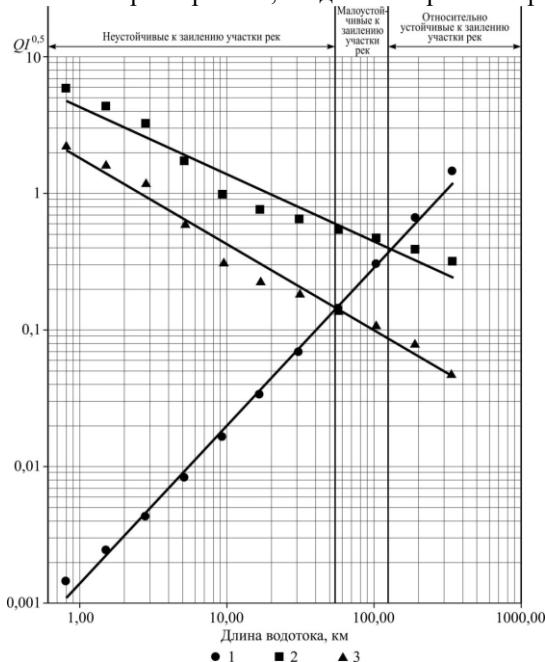


Рис. 1. Схематизация разделения речных русел по степени устойчивости к заилиению:

1 – реальная транспортирующая способность потока; 2 – необходимая транспортирующая способность потока при смыве в 5 т/га в год; 3 – необходимая транспортирующая способность потока при смыве в 2 т/га в год

Fig. 1. Schematic classification of river channels by degree of resistance to siltation:
 1 – actual sediment transport capacity of the flow; 2 – required sediment transport capacity of the flow for soil erosion rate of 5 t/ha per year; 3 – required sediment transport capacity of the flow for soil erosion rate of 2 t/ha per year

Для оценки устойчивости русел рек бассейна Урала к антропогенным нагрузкам (в интегральном виде, отражающемся в изменении величины поступления наносов с водосбора), которые могут привести к их заилиению, были рассмотрены два сценария. Первый сценарий соответствует среднему смыву почвы с равнинных территорий Европейской части России при сельскохозяйственном использовании (2 т/га в год), а второй сценарий соответствует среднему максимальному смыву, характерному для Южно-Уральского региона при интенсивном сельскохозяйственном освоении (5 т/га в год). Модуль стока наносов с водосбора быстро уменьшается по длине рек, так как значительная часть наносов осаждается на склонах, в оврагах и балках верхних участков речной сети. Например, около 10 % наносов достигает рек, имеющих длину 20–30 км [1].

Исходя из этого, с учетом коэффициента доставки можно получить величину транспортирующей способности потока для каждого участка реки, необходимую для переноса всего объема материала, поступающего в соответствии с принятым модулем смыва (2 или 5 т/га в год). Сопоставляя ее с реальной величиной $QI^{0.5}$, представляется возможным оценить устойчивость отдельного участка реки к заилиению. Графически расчетную методику можно представить в виде обобщенного рисунка (рис. 1), с учетом которого было предложено, что участки русел с реальной транспортирующей способностью потока меньше необходимой для транспорта наносов при смыве 2 т/га в год являются *неустойчивыми* к заилиению; *малоустойчивыми* являются участки, в пределах которых транспортирующая способность меньше необходимой для транспорта наносов при смыве 5 т/га в год; к *относительно устойчивым* к заилиению относятся участки, где реальные значения транспортирующей способности потока превышают необходимую для транспорта наносов при смыве 5 т/га в год.

Оценка снижения устойчивости речных русел в условиях прогнозируемого уменьшения водного стока в бассейне Урала на 15–20 % (к середине XXI в. [5, 10, 12]) проводилась путем внесения соответствующих корректировок в расчетное значение транспортирующей способности ($QI^{0.5}$).

Результаты

Общей особенностью рек бассейна Урал является быстрое увеличение их транспортирующей способности на первых 50 км течения, после чего дальнейшее ее возрастание происходит сравнительно медленно (рис. 2). При сравнении теоретического и реального распределения величин $QI^{0.5}$ на крупнейших реках бассейна – Урале и Сакмаре – при общем совпадении положения на графиках кривых отмечаются несколько пониженные значения реальных транспортирующих способностей, особенно в среднем течении (рис. 3, 4). Для рек Бол. Ик и Салмыш характерно почти полное соответствие реального распределения теоретическому. Напротив, на реках Гумбейка, Таналык и Бол. Кумак наблюдаются значительные отклонения реальных значений от теоретических, что отражает сильно пониженную транспортирующую способность потока их водных потоков. Причем если на р. Бол. Кумак такие различия отмечаются только на нижних 100 км течения, то на р. Таналык и особенно на р. Гумбейке – по всей длине реки. Причиной этого может являться фактическое уменьшение водоносности рек вследствие интенсивного безвозвратного забора воды на промышленные нужды и регулирования их стока малыми искусственными водоемами (прудами).

Гидрология
Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

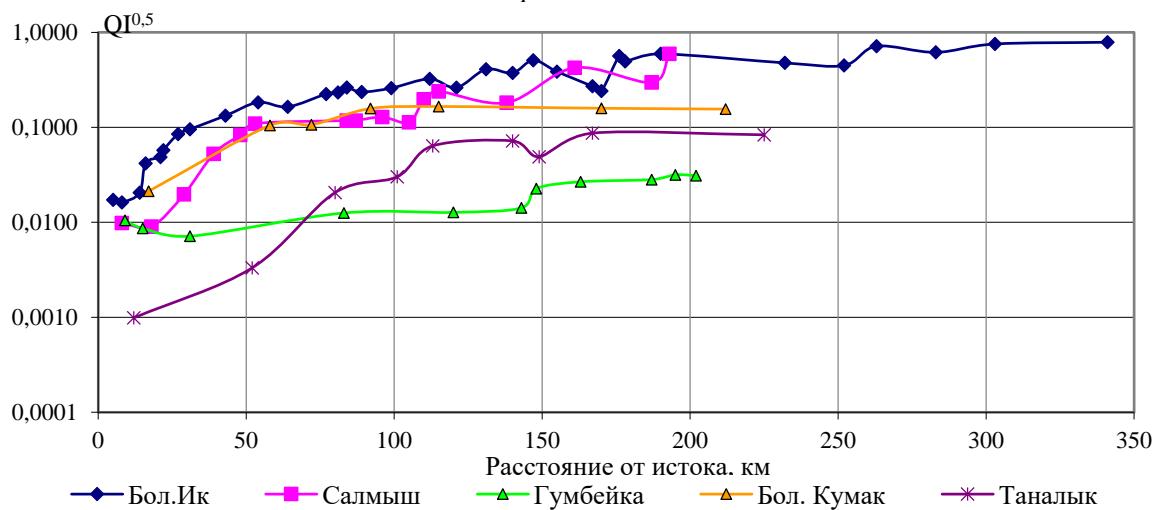


Рис. 2. Изменение транспортирующей способности потока вниз по течению на средних реках бассейна Урала
Fig. 2. Change in the downstream conveying capacity of the stream in the medium-sized rivers of the Ural basin

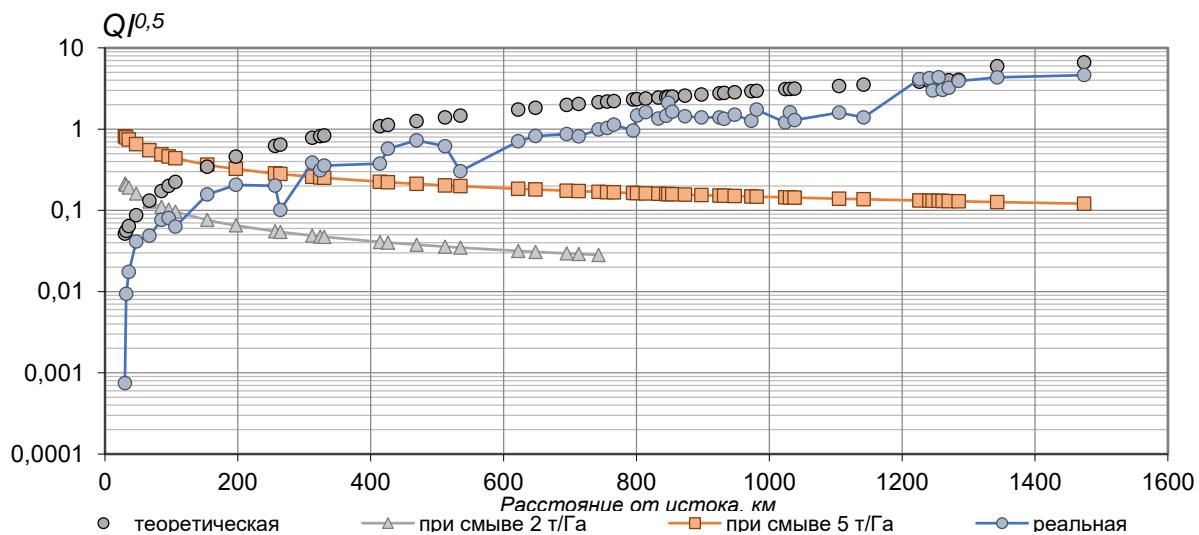


Рис. 3. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Урал (в пределах РФ)
Fig. 3. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Ural River (within the Russian Federation)

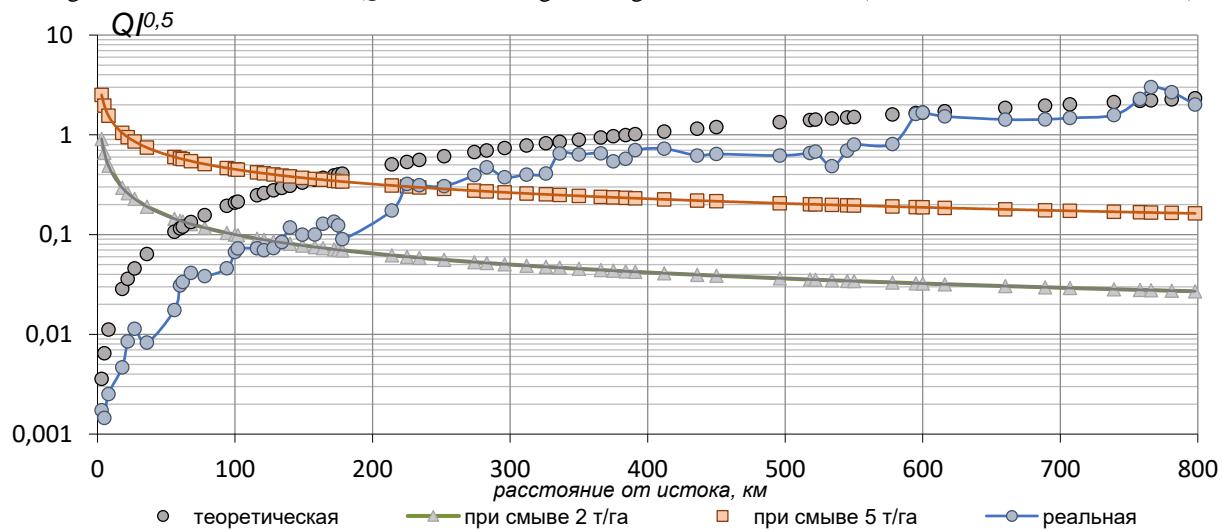


Рис. 4. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Сакмара
Fig. 4. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Sakmara River

Гидрология
Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

Для большинства проанализированных участков рек бассейна Урала характерна неустойчивость их русел к заилиению в верхних течениях и малая устойчивость в средних; относительно устойчивыми являются русла в нижних течениях крупных рек бассейна. Необходимо понимать, что для верховьев рек, расположенных в горах (Урал, Сакмары, Большой Ик), неустойчивость к заилиению является виртуальной, так как в горах в большинстве случаев отсутствуют сельскохозяйственные земли, и реальное увеличения стока наносов может произойти только в результате неконтролируемой вырубки лесных угодий, карьерных разработок и других форм антропогенного нарушения устойчивости склонов без проведения соответствующих противоэрозионных мероприятий. Там, где бассейны рек располагаются в доступной для сельскохозяйственного освоения зоне, опасность заилиения представляет реальную угрозу (Салмыш, Гумбейка, Бол. Кумак, Таналык, Орь).

Река Урал обладает достаточно высокой транспортирующей способностью в отношении наносов крупностью 0,1 мм на большей части своего течения (рис. 4). Отдельные уязвимые участки выделяются в зонах подпора существующих водохранилищ. Заилиение в верховьях реки (100–300 км от истока), хотя и потенциально возможно по гидравлическим условиям, тем не менее маловероятно из-за низкой сельскохозяйственной освоенности территории. Уже ниже впадения р. Гумбейки Урал имеет достаточную транспортирующую способность для переноса мелких фракций наносов. После впадения Сакмары она еще более возрастает.

Схожая ситуация наблюдается на Сакмаре, где реальное распределение транспортирующей способности близко соответствует теоретическому (рис. 4). В верхнем и частично в среднем течении реки распространены относительно пологие склоны, лишенные лесной растительности; здесь река при распашке и увеличении смыва неустойчива к заилиению. Малоустойчивы также все притоки реки на этом участке.

Река Большой Ик демонстрирует хорошее соответствие между реальной и теоретической транспортирующей способностью (рис. 5). В горной части р. Большой Ик (рис. 5) на верхних 50 км может быть неустойчива к заилиению, однако это возможно только в случае антропогенной деятельности, такой как вырубка лесов на склонах. Малоустойчивыми к заилиению считаются участки на расстоянии 50–120 км от истока, а большая часть среднего и нижнего течения является относительно устойчивой к заилиению.

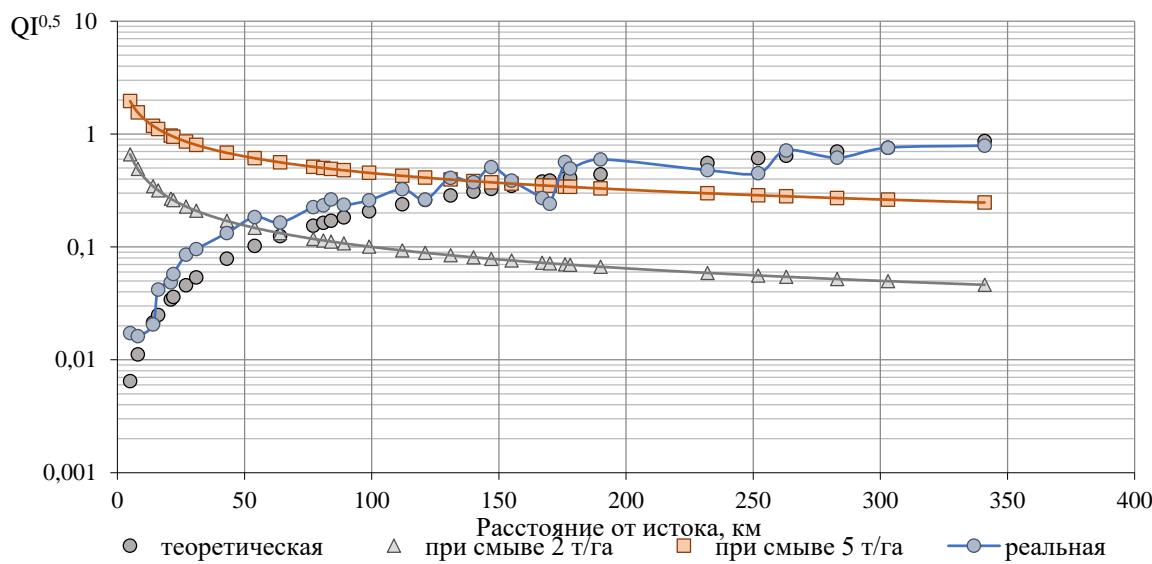


Рис. 5. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Большой Ик
Fig. 5. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Bolshoy Ik River

В западной части Оренбургской области реки бассейнов рек Киндель, Салмыш, Бол. Юшатырь неустойчивы к заилиению. В восточной части бассейна Урала неустойчивыми к заилиению являются русла в бассейнах рек Гумбейки, Суундук, Бол. Кумак и других рек левобережья Урала. Так, транспортирующая способность р. Гумбейки существенно ниже расчетной, что, вероятно, обусловлено значительным антропогенным преобразованием русла и регулированием стока воды. Расчет показывает, что река на всей ее длине неустойчива к заилиению (рис. 6).

Гидрология
Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

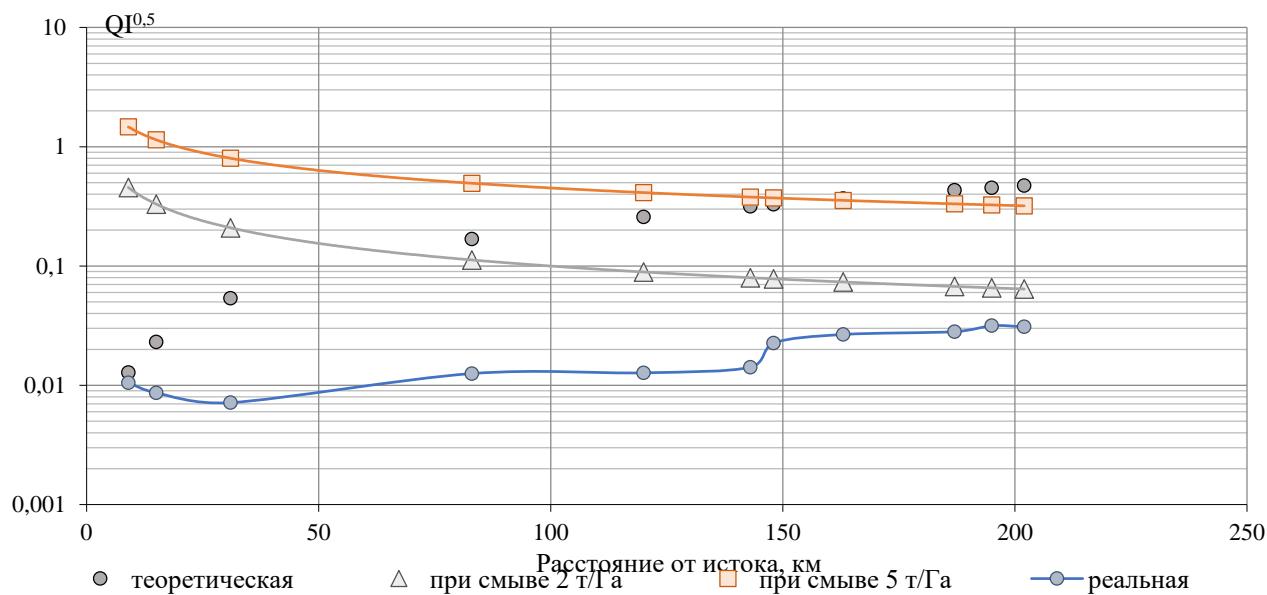


Рис. 6. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Гумбейки
Fig. 6. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Gumbeika River

Схожая ситуация наблюдается и на р. Большой Кумак (рис. 7). Здесь реальная транспортирующая способность в нижнем течении также значительно ниже расчетной. На верхних 70 км река неустойчива к заилиению, а на всем остальном протяжении остается малоустойчивой.

Неустойчивыми к заилиению являются и верхние 130–150 км течения р. Таналык (рис. 8), транспортирующая способность которого существенно ниже расчетной. На всем остальном протяжении река малоустойчива к заилиению. На других участках река также малоустойчива к заилиению. На устьевом участке воздействие подпора от Ириклинского водохранилища в реальных условиях также отражается на снижении устойчивости русла и предрасположенности к заилиению. Неустойчивыми являются русла и других малых рек, впадающих в Ириклиновское водохранилище (Суундук, Бол. Уртазымка, Жуса, Ташля), на устьевых участках которых может развиваться регressive аккумуляция.

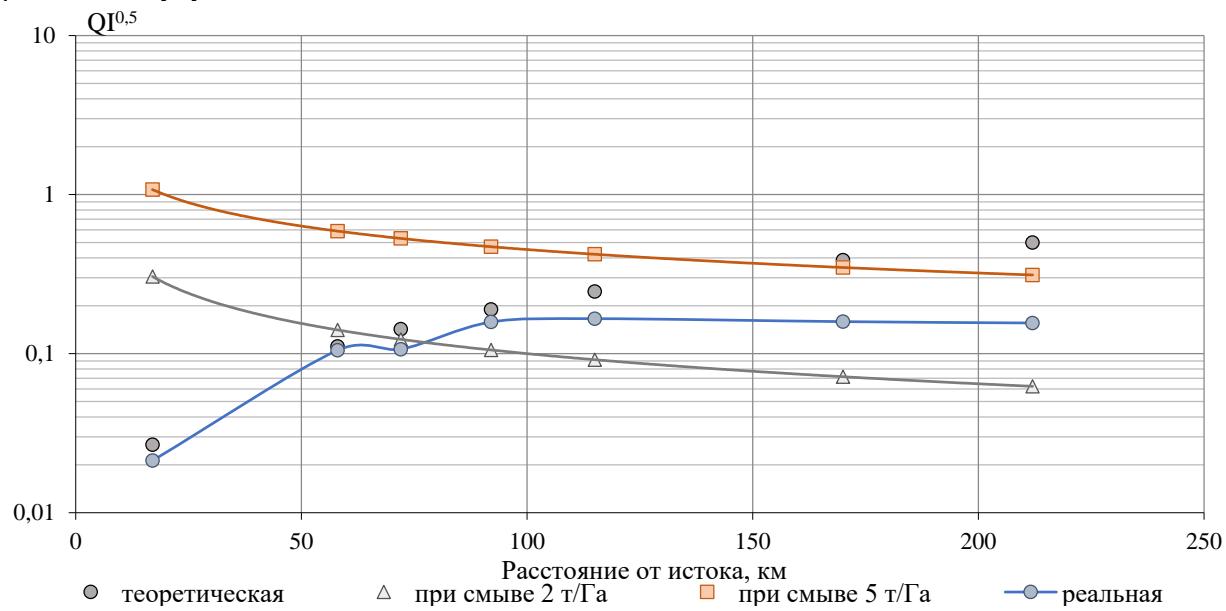


Рис. 7. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Большой Кумак
Fig. 7. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Bolshoy Kumak River

Гидрология
Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

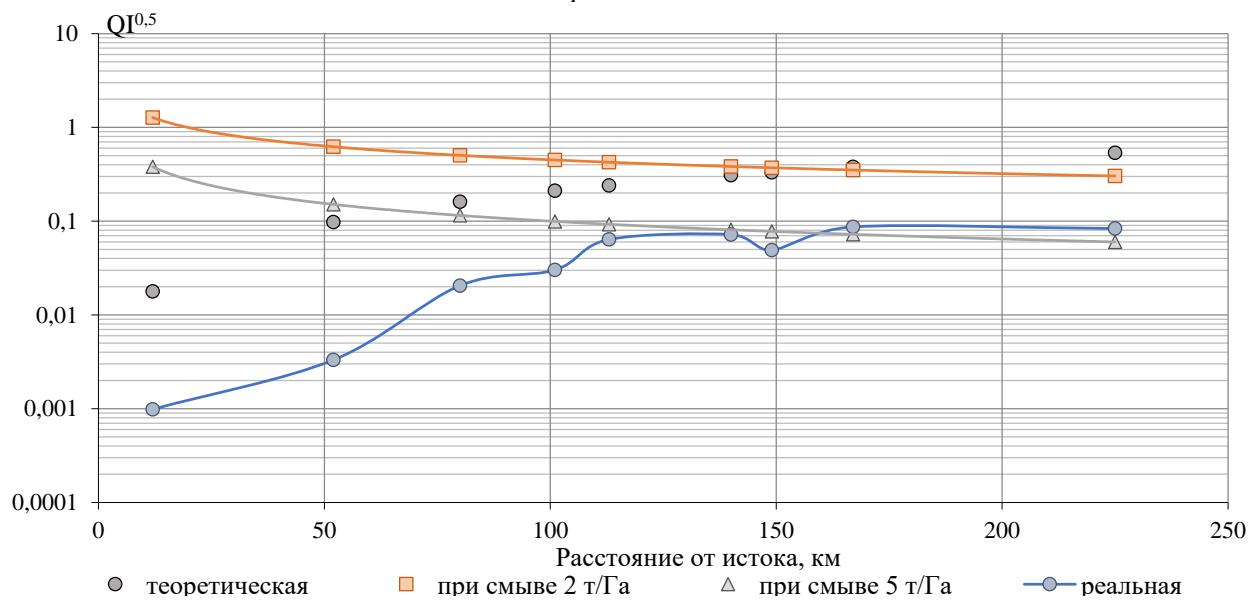


Рис. 8. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Таналык
Fig. 8. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Tanalyk River

Река Орь в пределах российской части (нижние 140 км) является относительно устойчивой к заиленнию. При увеличении среднего смыва в бассейне до 5 т/га возможно заиление реки (рис. 9). Притоки реки Орь в пределах России неустойчивы к заиленнию. Следует отметить, что транспортирующая способность потока Ори несколько понижена по сравнению с расчетной, что говорит о искусственной зарегулированности стока воды в ее бассейне.

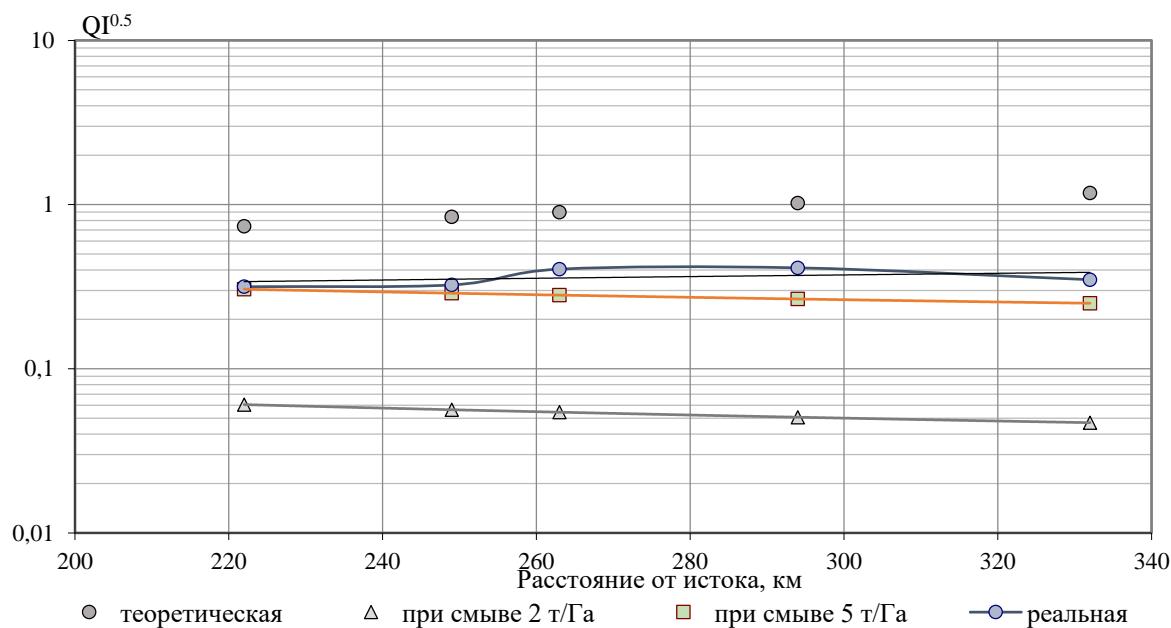


Рис. 9. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Орь
Fig. 9. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Or River

Еще более снижена транспортирующая способность р. Илек на нижних 350 км течения, что, вероятно, также связано со значительным регулированием стока (в основном на территории Казахстана) (рис. 10). Однако Илек в пределах РФ можно причислить к относительно устойчивым к заиленнию, чему способствуют достаточно большие уклоны и сохранившаяся значительная водоносность реки.

Гидрология
Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

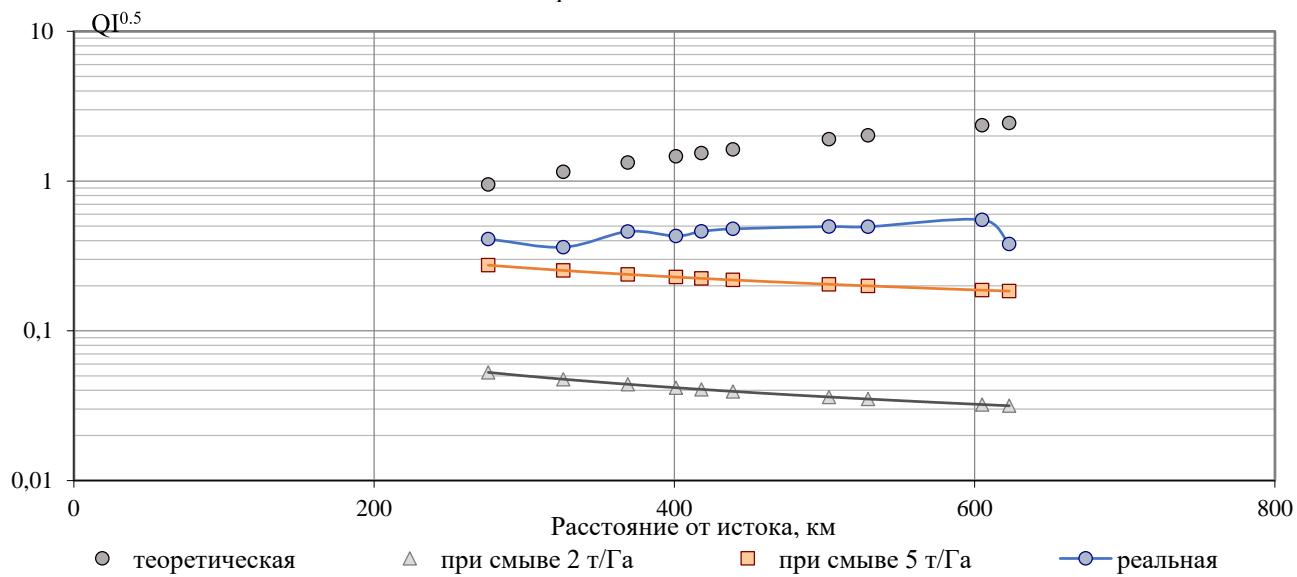


Рис. 10. Кривые распределения величины $QI^{0.5}$ по длине р. Илек
Fig. 10. Distribution curves of $QI^{0.5}$ values along the length of the Ilek River

В целом устойчивость к заилиению не только малых, но и средних рек региона мала. Прогнозируемое сокращение нормы стока рек бассейна Урала на 15–20 % к середине ХХI в. дополнительно снизит их транспортирующую способность, что приведет к увеличению протяженности русел, подверженных заилиению. В качестве примера на рис. 11 приведен анализ изменения величины $QI^{0.5}$ на р. Салмыш, для которой русло в нижнем течении станет опасным для заилиения (степень устойчивости из разряда относительно устойчивого перейдет к малоустойчивому).

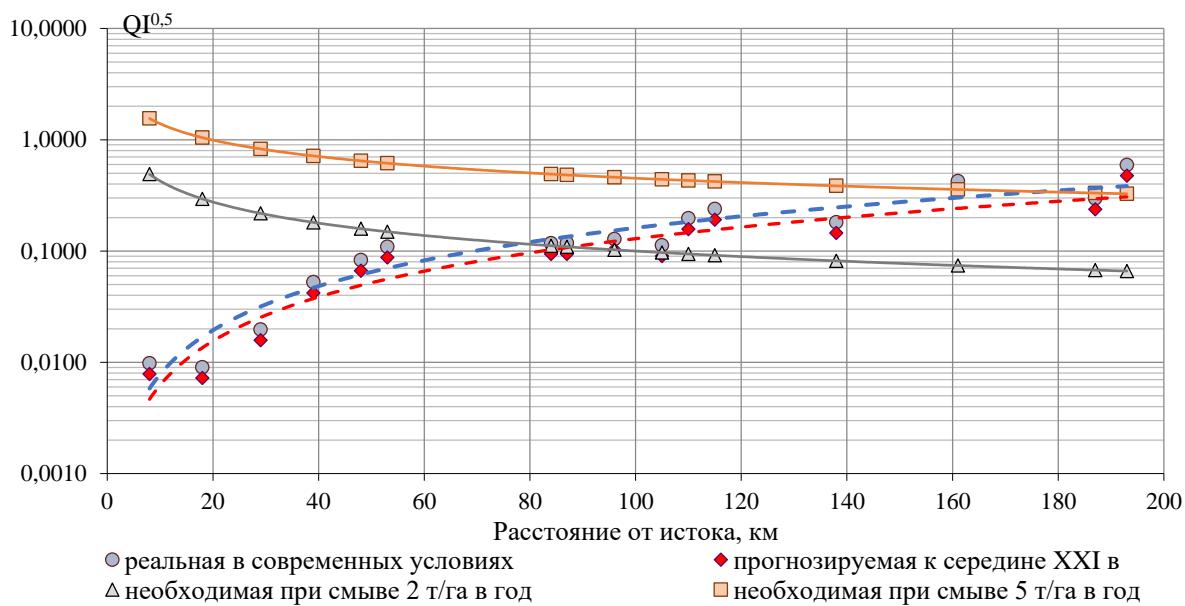


Рис. 11. Изменение транспортирующей способности по длине р. Салмыш в результате прогнозируемого к середине ХХI в. уменьшения водности на 15–20 %

Fig. 11. Change in throughput capacity along the entire length of the Salmysh River due to a projected decrease in water flow by 15–20 % by the middle of the 21st Century

Результаты проведенного исследования позволили дать оценку распространения в бассейне Урала рек (отдельных речных участков), различающихся по степени устойчивости к заилиению, а также возможного изменения такого распространения в условиях прогнозируемого сокращение годового и половодного стока на 15–20 % к середине ХХI в. [5, 10, 12]. Доля участков с неустойчивым к заилиению руслом составила 21 %, при этом она увеличится к середине ХХI в. на 120 км (до 25 %); малоустойчивое русло в настоящее время занимает 17 % (уменьшится до 15 %); относительно устойчивое русло занимает 62 % (уменьшится до 60 %).

Гидрология

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

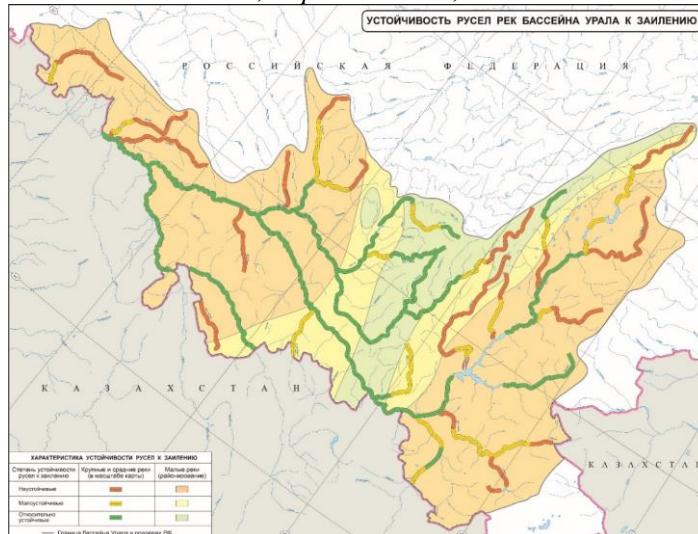


Рис. 12. Карта-схема «Устойчивость русел рек бассейна Урала к заилиению»
Fig. 12 Map-scheme ‘Siltation resistance of river channels in the Ural River basin’

Для рек бассейна Урала (в пределах РФ) устойчивость к такой форме антропогенного воздействия, как заиление, была визуализирована путем создания карта-схемы «Устойчивость русел рек бассейна Урала к заиению» (рис. 12), на которой эта характеристика для средних и больших рек отображена соответствующими линейными знаками. Устойчивость к заиению малых рек имеет площадную характеристику с соответствующим цветовым фоном.

Обсуждение

Пространственная структура устойчивости русел и ее географическая обусловленность. Анализ распределения показателя транспортирующей способности $QI^{0.5}$ на протяжении русел рек бассейна р. Урал выявил, что наибольшей устойчивостью к заиению обладают нижние участки крупных рек (Урал, Сакмара, Орь), тогда как верховья и притоки первого и второго порядка демонстрируют высокую степень неустойчивости. Такая закономерность объясняется, с одной стороны, естественным нарастанием водоносности вниз по течению, с другой – морфометрическими и геолого-геоморфологическими особенностями: русла крупных рек часто врезаны, имеют узкие поймы, устойчивую конфигурацию и устойчивые аллювиальные формы.

В то же время малые и средние реки, особенно в предгорных и возвышенных районах, испытывают недостаток стока, слабую способность к переносу наносов, а их водосборы активно используются под пашню. В совокупности это формирует условия для заиления даже при относительно высоких уклонах.

Сравнение с данными других регионов и литературы. Полученные результаты соответствуют выводам, сформулированным в более ранних работах по устойчивости речных русел в Европейской части России [3, 11, 14]. В частности, Р.С. Чалов [11] отмечал, что наиболее уязвимыми к заиению оказываются малые реки с ограниченным паводковым стоком и широкими поймами – именно такая картина наблюдается в бассейне Урала. Работы А.Н. Гельфана и Н.Л. Фроловой [5, 10] также подчеркивают влияние снижения водоносности на морфодинамику русел, что подтверждается приведенными в данном исследовании графиками и расчетами.

Следует отметить, что рассчитанные значения транспортирующей способности потока на многих реках региона (особенно Гумбейка, Таналык, Большой Кумак) значительно ниже теоретических значений, необходимых для переноса наносов при стандартном смыве. Подобные отклонения также зафиксированы в исследованиях К.М. Берковича и А.Ю. Сидорчука [2, 3], где показана чувствительность русловых систем к небольшим изменениям режима стока и смыва.

Климатический аспект и сценарии будущих изменений. Прогнозируемое к середине XXI в. снижение водоносности на 15–20 % [5, 10, 12] оказывает дополнительное негативное влияние на устойчивость русел. Согласно полученным расчетам, при таком снижении часть рек (например, Салмыш, Большой Кумак, Илек) перейдет из категории «малоустойчивых» в «неустойчивые», что особенно критично для регионов с интенсивным землепользованием. Это согласуется с выводами Н.Л. Фроловой и др. [10] о важности адаптации речных систем к гидроклиматическим трансформациям. Таким образом, даже относительно устойчивые участки при текущем тренде изменений могут стать нестабильными.

Ограничения и неопределенности. Следует отметить ряд ограничений исследования. Во-первых, расчеты базировались на усредненных значениях расхода и уклона, тогда как локальные особенности водотоков могли вносить дополнительные вариации. Во-вторых, учет наносов производился на основе типовых сценариев смыва без детальной калибровки по каждому бассейну. Также следует учитывать временную изменчивость режимов: заиление – процесс сезонно и межгодично неравномерный. Тем не менее несмотря на эти ограничения пространственная картина устойчивости, полученная в ходе исследования, обладает достаточной репрезентативностью.

Гидрология

Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.

Практические выводы и рекомендации. Результаты исследования могут быть использованы при разработке региональных стратегий управления водными ресурсами, реализации противоэрозионных мероприятий, выборе участков для мониторинга устойчивости малых рек в зоне активного сельскохозяйственного освоения, где заиление может иметь быстрый и необратимый характер. Предлагаемая схема классификации русел по степени устойчивости является удобным инструментом для пространственного планирования и оценки риска деградации русловых систем.

Выводы

Проведенное исследование позволило оценить пространственную устойчивость русел рек бассейна Урала к заиению на основе сопоставления транспортирующей способности потока с потенциальной нагрузкой наносами при различных сценариях поверхностного смыва. Полученные результаты показывают, что:

1. **Наиболее устойчивыми к заиению** являются нижние участки крупных рек (Урал, Сакмары, Орь), отличающиеся высокой водоносностью, врезанными руслами и узкими поймами, что обеспечивает благоприятные гидравлические условия для переноса наносов;

2. **Высокой степенью неустойчивости** характеризуются верховья рек и малые притоки, особенно в предгорных и возвышенных районах, где сочетание малой водоносности, высоких уклонов и активного сельскохозяйственного освоения создает предпосылки ускоренного заиления;

3. **Отклонения реальной транспортирующей способности от теоретических значений**, особенно на реках Гумбейка, Таналык и Большой Кумак, свидетельствуют о снижении способности потока к переносу наносов вследствие антропогенных воздействий и регулирования стока;

4. **Прогнозируемое сокращение водности на 15–20 % к середине XXI в.** приведет к дальнейшему снижению устойчивости русел, особенно в уже уязвимых зонах. Ряд участков перейдет из категории малоустойчивых в неустойчивые, что требует учета в стратегиях водохозяйственного планирования;

5. **Разработанная методика классификации русел по степени устойчивости** на основе показателя $QI^{0.5}$ может быть использована как инструмент для пространственного планирования, идентификации участков с высоким риском заиления и принятия превентивных мер.

Библиографический список

1. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 202 с. EDN: GTVQUJ
2. Беркович К.М., Завадский А.С., Чернов А.В. Анализ и учет русловых процессов при разработке СКИОВО // Водное хозяйство России. 2011. № 6. С. 83–95. EDN: ONRVVN
3. Беркович К.М., Сидорчук А.Ю. Оценка устойчивости русел рек Европейской России и ее оценка в связи с антропогенными нагрузками на реки и их бассейны // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия. М., 1996. С. 77–88.
4. Замарин Е.А. Транспортирующая способность и допускаемые скорости течения в каналах. Л.: Госстройиздат, 1951. 82 с.
5. Гельфанд А.Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 7, № 1. С. 36–79. DOI: 10.31857/S032105962203004X EDN: JEMWYL
6. Лапшинов В.С. Без малых рек нет больших. Ростов н/Д.: Ростов. кн. изд-во, 1983. 128 с. EDN: SFVKTL
7. Нежижовский Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 476 с.
8. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 239 с.
9. Ржаницын Н.А. Руслоформирующие процессы рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 263 с.
10. Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Гельфанд А.Н., Сазонов А.А., Шевченко А.И. Сток рек России при происходящих и прогнозируемых изменениях климата: обзор публикаций. Оценка изменений водного режима рек России по данным наблюдений // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 3. С. 251–269. DOI: 10.31857/S032105962203004X EDN: YBZDRN
11. Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. М.: КРАСАНД, 2011. Т. 2. 960 с. ISBN: 978-5-396-00325-5 EDN: QKHHJZ
12. Юмина Н.М., Магрицкий Д.В. Оценка климатического и антропогенного вкладов в многолетние колебания сезонного стока рек бассейна реки Урал // Гидрометеорол. исслед. и прогнозы. 2024. № 391 (1). С. 135–151. DOI: 10.37162/2618-9631-2024-1-135-151 EDN: JSMXPY
13. Charlton R. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. London: Routledge, 2007. 516 p.
14. Julien P.Y. Erosion and Sedimentation. 2nd ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010. 365 p.
15. Leopold L.B., Wolman M.G. River Channel Patterns – Braided, Meandering and Straight // Geol. Surv. Prof. Pap. № 282-B. Washington: U.S. Gov. Print. Off, 1957. 85 p.

References

1. Alekseevskiy N.I. *Formirovanie i dvizhenie rechnykh nanosov* [Formation and movement of river sediments], Moscow: Moscow St. Univ. Publ., 1998. 202 p. (In Russian)
2. Berkovich K.M., Zavadsky A.S., Chernov A.V. (2011). Analiz i uchet ruslovyh processov pri razrabotke SKIOVO [Analysis and consideration of channel processes in the development of SKIOVO], *Vodnoe hozjajstvo Rossii*, no. 6, pp. 83–95. (In Russian)
3. Berkovich K.M., Sidorchuk A.Y. [Assessment of the stability of river channels in European Russia and its evaluation in relation to anthropogenic pressures on rivers and their basins], *Problemy ocenki jekologicheskoy naprijazhennosti Evropejskoj territorii Rossii: faktory, rajonirovaniye, posledstvija* [Problems of assessing the ecological stress of the European territory of Russia: factors, zoning, consequences], 1996, pp. 77–88 (in Russian).
4. Zamarin E.A. *Transportirujushhaja sposobnost' i dopuskaemye skorosti techenija v kanalah* [Transport capacity and permissible flow velocities in channels], Moscow–Leningrad, Gosstroiiizdat Publ., 1951. 82 p. (in Russian).
5. Gelfan A.N., Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigoriev V.Y., Motovilov Y.G., Gusev E.M. (2021). Vlijanie izmenenija klimata na godovoj i maksimal'nyj stok rek Rossii: ocenka i prognoz [The impact of climate change on annual and peak runoff of Russian

*Гидрология**Завадский А.С., Беркович К.М., Камышев А.А.*

streams: assessment and forecast], *Fundamental'naja i prikladnaja klimatologija*, vol. 7, no. 1, pp. 36–79. DOI: 10.31857/S032105962203004X
(In Russian)

6. Lapshenkov V.S. *Bez malyh rek net rek bol'shih* [Without small rivers, there are no large rivers], Rostov-on-Don: Rostov Book Publishing House, 1983. 128 p. (In Russian)

7. Nezhikhovsky R.A. *Ruslovaja set' bassejna i process formirovaniya stoka vody* [The river network of the basin and the process of water flow formation], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1971. 476 p. (In Russian)

8. Rzhanitsyn N.A. *Morfologicheskie i gidrologicheskie zakonomernosti stroenija rechnoj seti* [Morphological and hydrological patterns of river network structure], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1960. 239 p. (In Russian)

9. Rzhanitsyn N.A. *Rusloformirujushchie processy rek* [River channel-forming processes], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985. 263 p. (In Russian)

10. Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Grigoriev V.Y., Gelfan A.N., Sazonov A.A., Shevchenko A.I. (2022) Stok rek Rossii pri proishodjashchih i prognoziruemyh izmenenijah klimata: obzor publikacij. Ocenka izmenenij vodnogo rezhima rek Rossii po dannym na-bljudenij [Streamflow of Russian rivers under current and forecasted climate changes: a review of publications. 1. Assessment of changes in the water regime of Russian rivers by observation data], *Vodnye resursy*, vol. 49, no. 3, pp. 251–269. (In Russian)

11. Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografija, praktika. T. 2. Morfodinamika rechnyh rusel* [Ruslovedenie: theory, geography, practice. Vol. 2. Morphodynamics of river beds] Moscow, KRASAND Publ., 2011. 960 p. DOI: 10.31857/S032105962203004X (In Russian)

12. Yumina N.M., Magritsky D.V. (2024) Ocenka klimaticheskogo i antropogennego vkladov v mnogoletnie kolebanija sezonnogo stoka rek bassejna reki Ural [Assessment of climatic and anthropogenic contributions to long-term fluctuations in seasonal river runoff in the Ural River basin], *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*, no. 391 (1), pp. 135–151. DOI: 10.37162/2618-9631-2024-1-135-151 (In Russian)

13. Charlton R. Fundamentals of Fluvial Geomorphology. // London: Routledge, 2007. 516 p.

14. Julien P.Y. Erosion and Sedimentation. 2nd ed. // Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010. 365 p.

15. Leopold L.B., Wolman M.G. River Channel Patterns – Braided, Meandering and Straight // Geol. Surv. Prof. Pap. 1957. №. 282-B. // Washington: U.S. Gov. Print. Off. 85 p.

Статья поступила в редакцию: 03.02.25, одобрена после рецензирования: 27.10.25, принятa к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 3 February 2025; approved after review: 27 October 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах**Александр Сергеевич Завадский**

Кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник НИЛ «Эрозии почв и русловых процессов», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: az-mgu@mail.ru

Константин Михайлович Беркович

Доктор географических наук, старший научный сотрудник НИЛ «Эрозии почв и русловых процессов», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: berkovich@yandex.ru

Арсений Андреевич Камышев

Кандидат географических наук, младший научный сотрудник НИЛ «Эрозии почв и русловых процессов», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: arsenii.kamyshev@yandex.ru

Information about the authors**Alexander S. Zavadsky**

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Konstantin M. Berkovich

Doctor of Geography, Senior Researcher Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Arseniy A. Kamyshev

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher Makkaveev Laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Вклад авторов

Завадский А.С. – идея, сбор материала, обработка материала.

Беркович К.М. – идея, сбор материала, обработка материала.

Камышев А.А. – написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Alexander S. Zavadsky – concept development; data collection and processing.

Konstantin M. Berkovich – concept development; data collection and processing.

Arseniy A. Kamyshev – writing of the article; scientific editing of the text.

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

Экология и природопользование
Куликова М.А., Соромотин А.В.

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 504.06

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-130-142

EDN: VPBYGV



ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ)

Куликова Мария Андреевна¹, Соромотин Андрей Владимирович²

^{1,2} Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

² Институт криосферы Земли, Тюменский научный центр, Сибирское отделение Российской академии наук, г. Тюмень, Россия

¹m.a.kulikova@utmn.ru, SPIN-код: 5830-5589, РИНЦ AuthorID: 1299274, ORCID: 0009-0004-0916-0067

²a.v.soromotin@utmn.ru, SPIN-код: 6169-3090, РИНЦ Author ID: 251756, ORCID: 0000-0002-7771-4592

Аннотация. Деградация многолетнемерзлых пород приводит к изменениям в биогеохимических циклах углерода, биогенных веществ и металлов в водных системах ландшафтов вечной мерзлоты. Для анализа изменений в потоках элементов в озерных системах Арктики ключевую роль играет характеристика химического состава донных отложений. Рассмотрен гранулометрический и элементный состав донных отложений и почвообразующих пород водосборных площадей малых термокарстовых озер, расположенных в южной части Тазовского полуострова, в междуречье рек Пура и Таза (Западно-Сибирская равнина). Элементный состав определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), гранулометрический состав – методом лазерной дифракции, содержание органического углерода – методом высокотемпературного каталитического окисления. Условия в прибрежных зонах водоемов, находящиеся под воздействием криогенных процессов, приводят к изменению соотношения размерных фракций в сторону увеличения доли более крупных фракций и накоплению менее отсортированного материала. Среди почвообразующих элементов почвообразующие породы и донные отложения обеднены Al, Fe, K, Na, Ca, Mg относительно верхней континентальной коры, при этом наблюдается обогащение почвообразующих пород титаном, донных отложений – общей серой. Обнаружено умеренное обогащение донных отложений кадмием и общей серой относительно верхней континентальной коры. Элементный состав донных отложений термокарстовых озер Пур-Тазовского междуречья в целом наследует состав пород их водосборных площадей и формируется в тесной связи с ними, отражая влияние преимущественно породного и литогенного факторов. Влияние фациального фактора отражается в накоплении органического вещества, общей серы и халькофильных элементов. Накопление общей серы в донных отложениях может быть результатом восстановления сульфатов в детрите. Обеднение донных отложений относительно почвообразующих пород в отношении ряда элементов может быть обусловлено их индивидуальными химическими свойствами и формами нахождения, а также гранулометрическим составом осадков.

Ключевые слова: Западная Сибирь, термокарстовые озера, донные отложения, гранулометрия, элементный состав

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-16-00163.

Для цитирования: Куликова М.А., Соромотин А.В. Элементный состав донных отложений термокарстовых озер на севере Западной Сибири (на примере Пур-Тазовского междуречья) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 130–142. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-130-142 EDN VPBYGV

ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-130-142

EDN: VPBYGV

ELEMENTAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS OF THERMOKARST LAKES IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA (THE CASE OF THE PUR-TAZ INTERFLUVE)

Maria A. Kulikova¹, Andrey V. Soromotin²

^{1,2} University of Tyumen, Tyumen, Russia

² Earth Cryosphere Institute, Tyumen Science Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

¹m.a.kulikova@utmn.ru, SPIN-code: 5830-5589, RINTs Author ID: 1299274, ORCID: 0009-0004-0916-0067

²a.v.soromotin@utmn.ru, SPIN-code: 6169-3090, RINTs Author ID: 251756, ORCID: 0000-0002-7771-4592

Abstract. The degradation of permafrost leads to changes in the biogeochemical cycles of carbon, nutrients, and metals in the aquatic systems of permafrost landscapes. The characterization of the chemical composition of bottom



© 2025 Куликова М.А., Соромотин А.В. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

sediments plays a key role in analyzing changes in element fluxes in Arctic lake systems. This study deals with the granulometric and elemental composition of bottom sediments and soil-forming rocks in the catchment areas of small thermokarst lakes in the southern part of the Tazovsky Peninsula, between the Pur and Taz Rivers (West Siberian Plain). The elemental composition was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), the granulometric composition – by laser diffraction, the organic carbon content – by high-temperature catalytic oxidation. The conditions in the littoral zones of water bodies under the influence of cryogenic processes lead to a change in the ratio of size fractions toward an increase in the proportion of larger fractions and accumulation of less sorted material. Among the rock-forming elements, soil-forming rocks and bottom sediments are depleted in Al, Fe, K, Na, Ca, Mg relative to the upper continental crust, while soil-forming rocks are rich in titanium and bottom sediments – in total sulfur. Bottom sediments were found to be moderately rich in cadmium and total sulfur relative to the upper continental crust. The elemental composition of bottom sediments of thermokarst lakes of the Pur-Taz interfluve generally inherits the composition of rocks in the catchment areas and is formed in close connection with them, this demonstrating the influence of mainly rock and lithogenic factors. The influence of the facies factor is manifested in the accumulation of organic matter, total sulfur, and chalcophilic elements. The accumulation of total sulfur in bottom sediments may be the result of sulfate reduction in detritus. The depletion of bottom sediments in certain elements relative to parent rocks may be due to their individual chemical properties and forms of occurrence as well as the grain size distribution of the sediments.

Keywords: Western Siberia, thermokarst lakes, bottom sediments, granulometry, elemental composition

Funding: the research was funded by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 24-16-00163.

For citation: Kulikova, M.A., Soromotin, A.V. Elemental composition of bottom sediments of thermokarst lakes in the north of Western Siberia (the case of the Pur-Taz interfluve). *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp 130–142. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-130-142 EDN: VPBYGV

Введение

Характерной особенностью арктического ландшафта являются относительно небольшие, но многочисленные термокарстовые озера, занимающие до 40 % поверхности суши на равнинах Арктики [29]. Термокарстовое происхождение имеет абсолютное большинство озер, представляя собой заполненные водой просадочные формы рельефа, образованные в результате вытаяивания голоценовых подземных льдов [5, 39, 43]. Основными источниками питания термокарстовых озер являются атмосферные осадки и пресная вода, образующаяся при сезонном оттаивании многолетнемерзлых пород [8, 9].

В силу своего генезиса они могут служить эффективными индикаторами текущих тенденций изменения климата и состояния вечной мерзлоты [36, 26]. Деградация многолетнемерзлых пород вызывает трансформации в биогеохимических циклах углерода, биогенных веществ и металлов в водных системах ландшафтов вечной мерзлоты [6, 26, 31, 36, 41, 42]. В результате термокарстовых процессов химический состав пресной воды арктических водоемов может существенно измениться вследствие миграции веществ с поверхностным стоком из мерзлых грунтов [27, 33]. Увеличение выноса различных элементов с водосбора в водоемы Арктики может быть связано с различными факторами, включая таяние вечной мерзлоты, усиленный приток воды из заболоченных территорий, увеличение паводкового стока [38]. В результате деградации вечной мерзлоты термокарстовые озера образуют своеобразные временные ловушки для тяжелых металлов [41]. Активизация экзогенных криогенных геологических процессов, таких как склоновая береговая термоденудация (оползни), термоэррозионные и термоабразионные процессы с формированием полигонального рельефа по берегам озер с глубокими межполигональными понижениями, заполненными талыми ледниковыми водами, также меняет состав озерных вод и донных отложений [2, 12].

Необходимость изучения биогеохимических процессов, происходящих в термокарстовых озерах, обусловлена и социальным фактором [25]. Термокарст, вызванный деградацией вечной мерзлоты, влияет на жизнь и хозяйственную деятельность коренных народов, поскольку оленеводы должны учитывать вероятность проявлений термокарста при выборе места стоянки и выполнении процедур выпаса. В качестве источника питьевой воды для себя и домашних северных оленей ненцы предпочитают термокарстовые озера (хасыреи) другим видам озер, считая, что вода в них чище [32].

Традиционно качество водоемов определяется на основе концентраций различных веществ, растворенных в воде, однако в большинстве озер концентрации элементов в верхней части донных отложений значительно выше, чем в водной толще, что позволяет рассматривать геохимический состав донных отложений в качестве информативного показателя качества вод [3]. Донные отложения арктических озер содержат информацию о биогеохимических процессах на водосборе и в самом водоеме [21, 26].

Для оценки изменений в потоках элементов в озерных системах Арктики решающее значение имеет характеристика химического состава донных отложений. Научных публикаций по составу седиментов арктических озер Западной Сибири крайне мало, а непосредственно по озерам термокарстового генезиса имеются единичные работы. Например, при изучении термокарстовых озер различных стадий развития в пределах Надым-Пурского междуречья выявлено накопление донными отложениями некоторых микроэлементов (Cu, Zn, Cd, Pb, Sb) на ранней стадии развития озерной экосистемы в процессе диагенеза, а также выщелачивание из донных отложений других компонентов (Co, Ni, As) на всех стадиях развития экосистемы [24]. В работе Т.А. Кремлевой с соав. (2014) по результатам широкомасштабных исследований малых озер Западной Сибири установлена закономерность накопления группы микроэлементов (Cr, Cu, Ni, Sr, Ti, V, Zn, Zr, Ag) в донных осадках совместно с алюмо-

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

силикатами и оксидом железа. Авторами получено математическое выражение, описывающее сорбционные процессы в системе «вода – донное отложение» для Cr, Cu, Sr, V, Zn [10]. Установлено обогащение донных осадков озер Пур-Тазовского междуречья относительно почв их водосборных площадей микроэлементами и обеднение макроэлементами, за исключением железа и алюминия [20]. При рассмотрении характера распределения органического углерода и микроэлементов в донных отложениях термокарстовых озер тундры и лесотундры по глубине установлены высокие корреляции микроэлементов (Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Pb) с содержанием органического углерода, Fe, Mn [14]. На основе анализа колонок донных отложений двух озер на территории Ямальского и Тазовского полуостровов показано, что содержание всех элементов, за исключением Hg, в донных отложениях по всей глубине колонки остается на уровне фоновых [21]. По результатам анализа содержания нефтяных углеводородов и микроэлементов в донных отложениях озер Надым-Пур-Тазовского междуречья выявлено, что основными природными факторами формирования химического состава осадков являются породный, литогенный и фациальный факторы [11]. Установлено, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях водных объектов севера Западной Сибири в основном определяется их гранулометрией и составом подстилающих пород, в меньшей степени – обстановками осадконакопления [17].

Совместного анализа гранулометрического и geoхимического составов донных отложений и почвообразующих пород в пределах водосборной площади конкретных термокарстовых озер в субарктике Западной Сибири не проводилось. Учет физических и химических свойств почвообразующих пород водосбора позволяет проанализировать особенности осадконакопления в термокарстовых озерах. В этой связи целью исследования выступает оценка современного гранулометрического и элементного составов донных отложений термокарстовых озер субарктики Западной Сибири. В ходе исследования нами решались следующие задачи: 1) проанализировать гранулометрический состав донных отложений термокарстовых озер и почвообразующих пород в пределах их водосборов; 2) провести анализ элементного состава донных отложений озер и почвообразующих пород; 3) выявить особенности накопления химических элементов в донных отложениях термокарстовых озер. Мы предполагаем, что состав донных отложений термокарстовых озер во многом определяется исходным составом субстрата и притоком обломочного материала и элементов с водосборов под действием термокарстовых процессов, а также биогеохимическими процессами в самих водоемах.

Исследованные озера расположены в перспективном нефтегазоносном районе, и полученные нами данные об элементном составе донных отложений могут рассматриваться как фоновые в последующих мониторинговых работах. В отечественной и зарубежной научной литературе неоднократно предлагалось рассматривать водные объекты как индикаторы антропогенной нагрузки при нефтедобыче [4, 11, 15, 18, 22, 34, 35, 41].

Материал и методы

Исследованные малые термокарстовые озера расположены в южной части Тазовского полуострова, в междуречье рек Пура и Таза (Западно-Сибирская равнина) (табл. 1, рис. 1). В соответствии с классификацией В.П. Иванова (1948) озера относятся к категории малых, поскольку площадь зеркала составляла от 0,04 до 0,43 км². По районированию циркумполярного арктического региона, принятому CAFF, территория исследований относится к субарктической подзоне арктической зоны. Согласно геоморфологическому районированию (по П.П. Генералову), озера приурочены к Пур-Тазовскому блоку низких морских и озерно-аллювиальных террас. Горные породы, вмещающие котловины исследованных озер, представлены озерно-аллювиальными отложениями третьей надпойменной террасы р. Таз (la³III), а также аллювиально-морскими отложениями четвертой морской террасы (am⁴III) разнообразного гранулометрического состава. Породы района исследований мерзлые, мономинеральные, с большой долей силикатов и кварцевых песков. Распространение многолетнемерзлых пород носит сплошной характер [1]. Котловины озер врезаны в рыхлые отложения плейстоцена и голоцене под мощным слоем торфа [5]. Берега представлены торфяными сфагновыми мхами, донные отложения озер в силу термокарстового генезиса сложены торфяным детритом, подстилаемым льдистыми минеральными песчаными и супесчаными породами.

Пробы верхнего слоя (5–20 см) минеральной части (содержание органического углерода менее 3 %) донных отложений отбирались с использованием ручного пробоотборника-бура в прибрежной части озер в 10–15 м от берега, представляющей собой зону транспорта твердых частиц в депрессионные понижения, где происходит их захоронение. Донные отложения серо-зеленого и серо-коричневого цвета, песчаного состава, с характерным сероводородным запахом. Пробы почвообразующих пород (горизонт С в интервале глубин 5–15 см) отбирались в пределах водосборной площади каждого озера с использованием ручного почвенного пробоотборника. В лаборатории образцы высушивались до воздушно-сухого состояния, после чего измельчались в фарфоровой ступке.

Содержание органического углерода (C_{opt}) определено методом высокотемпературного каталитического окисления на элементном анализаторе Vario PYRO Cube (Elementar, Германия). Концентрации элементов (Al, Fe, Na, Ca, K, Mn, Mg, Ti, P, S, Li, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U) определялись методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) в Аналитическом сертификационном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН, г. Черноголовка).

Гранулометрический состав осадков определялся методом лазерной дифракции (анализатор Beckman Coulter LS 13 320, США). Распределение частиц происходило по размерам согласно международной классификации IUSS Working Group WRB (2015) и USDA. Гранулометрические коэффициенты – средний размер зерен

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

(M_Z), коэффициенты сортировки (σ), асимметрии (Sk_1), эксцесса (K_G) – определяли графическим методом [30] в программном обеспечении GRADISTAT (версия 8.0).

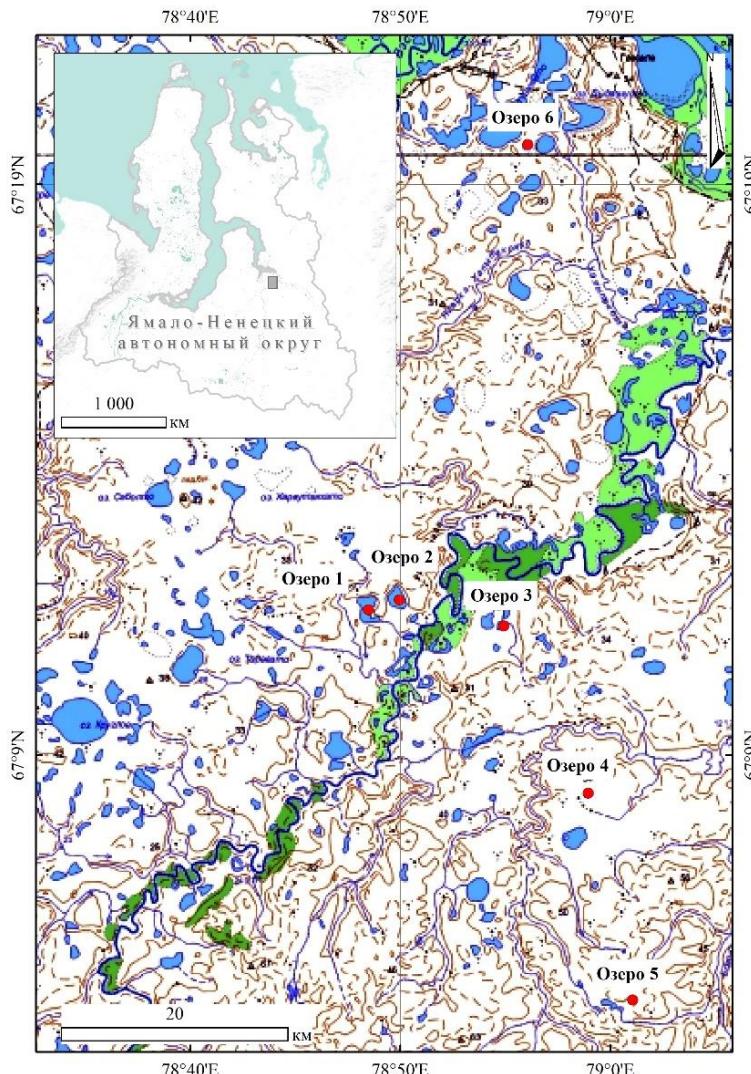


Рис. 1. Обзорная карта-схема расположения исследованных озер
Fig. 1. Overview map-scheme of the location of the studied lakes

Таблица 1
Table 1

Характеристики исследованных озер
Characteristics of the studied lakes

Шифр озера	Координаты центра	Тип отложений	Абсолютная высота уреза воды на дату съемки, м БС	Площадь акватории, км ²	Максимальная глубина, м
Озеро 1	N 67°11'41" E 78°48'29"	la ³ III	17	0,43	2,4
Озеро 2	N 67°11'52" E 78°49'57"	la ³ III	19	0,34	1,8
Озеро 3	N 67°11'23" E 78°54'56"	la ³ III	14	0,06	2,0
Озеро 4	N 67°08'18" E 78°58'57"	la ³ III	40	0,04	2,5
Озеро 5	N 67°04'28" E 79°01'04"	am ⁴ III	66	0,04	4,5
Озеро 6	N 67°20'14" E 78°56'04"	la ³ III	6	0,09	2,5

Для статистической обработки и визуализации данных использовались R версии 4.3.2 (пакеты ggplot2 (3.5.1), scatterplot3d (0.3–44), MS Excel 2019). Гипотеза о соответствии распределения нормальному закону принималась по критерию Шапиро – Уилка при уровне значимости $\alpha=0,05$. Поскольку больше половины из рассматриваемых параметров подтверждали гипотезу о нормальности распределений для представления результатов принято среднее арифметическое. Для оценки значимости различий малых выборок применялся непараметрический критерий Манна – Уитни при $\alpha=0,05$. Корреляции между параметрами оценивались на основе расчета коэффициента ранговой корреляции г-Спирмена. Иерархический кластерный анализ выполнен для определения связи между исследованными объектами методом Варда с использованием евклидова расстояния.

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

Для интерпретации геохимических данных опирались на: средние содержания элементов в верхней континентальной коре (кларки) [40], содержания элементов в донных отложениях озер тундры Западной Сибири [8].

Для характеристики степени концентрации или рассеяния химических элементов рассчитаны кларки концентрации (далее – КК) и рассеяния (далее – КР) относительно Земной коры [40] по формулам (1, 2) [7]:

$$KK = C_i / K \quad (1)$$

$$KR = K / C_i, \quad (2)$$

где C_i – содержание данного элемента в изучаемом объекте; K – кларк верхней части континентальной земной коры.

Значения коэффициентов обогащения рассчитаны согласно формуле (3) [44]:

$$EF = \frac{C_x}{C_{Al}}(\text{образец}) / \frac{C_x}{C_{Al}}(\text{фон}), \quad (3)$$

где C_x (образец) – измеренная концентрация элемента в исследуемом образце; C_x (фон) – концентрация этого же элемента в фоновом образце; C_{Al} – концентрация референтного (эталонного) элемента (алюминия) в исследуемом и фоновом образцах. Интерпретация значений EF принята согласно [23], где: $EF < 1$ – нет обогащения; $1 < EF < 3$ – незначительное обогащение; $3 < EF < 5$ – умеренное обогащение; $5 < EF < 10$ – умеренно-сильное обогащение; $10 < EF < 25$ – сильное обогащение; $25 < EF < 50$ – очень сильное обогащение; $EF > 50$ – чрезвычайно сильное обогащение.

Результаты и обсуждение

Характеристика гранулометрического состава

Анализ гранулометрического состава показал, что в донных отложениях преобладает песчаная фракция (>50 мкм), в почвообразующих породах – пылеватая (2–50 мкм) (табл. 2). Песчаные и пылеватые фракции в совокупности в среднем составляют более 90 % общего содержания частиц как в донных отложениях, так и в почвообразующих породах. Содержание песчаных фракций в донных отложениях в среднем составило более половины веса проб, в то время как в почвообразующих породах процентное содержание частиц данной размерной фракции более чем в 2 раза ниже. Пылеватые фракции в почвообразующих породах в среднем составляют почти две трети общего содержания частиц (табл. 2). Сложившиеся условия осадконакопления в прибрежных частях водоемов, формирующихся преимущественно под действием криогенных процессов, приводят к изменению соотношения размерных фракций зерен в сторону накопления более крупных фракций по сравнению с почвообразующими породами.

Таблица 2

Table 2

Содержание размерных фракций и рассчитанные коэффициенты гранулометрического состава донных отложений и почвообразующих пород термокарстовых озер Пур-Тазовского междуречья (среднее(min-max))

The content of size fractions and calculated coefficients of granulometric composition of bottom sediments and soil-forming rocks of thermokarst lakes of the Pur-Taz interfluvium (mean (min-max))

Параметр		Донные отложения (n=5)	Почвообразующие породы (n=15)
Содержание размерных фракций, %	Глина (<2 мкм)*	2,21 (0,37–3,30)	9,83 (7,23–14,27)
	Пыль (2–50 мкм)*	39,06 (20,27–60,05)	67,39 (61,46–80,13)
	Песок (>50 мкм)*	58,73 (36,70–79,36)	22,79 (5,60–29,71)
Значения гранулометрических коэффициентов	Mz, φ*	2,66 (1,56–3,58)	4,10 (3,84–4,60)
	σ, φ*	1,82 (1,59–2,06)	1,48 (1,20–1,66)
	SkI	0,06 (-0,26–0,28)	0,04 (-0,13–0,21)
	KG*	0,80 (0,69–0,90)	1,31 (1,13–1,38)

Примечание: Звездочкой (*) отмечены параметры, по которым различия между донным отложением и почвообразующими породами достоверны при $p < 0,05$, исходя из расчета критерия Манна – Уитни.

Note: (*) indicates parameters for which the differences between bottom sediments and soil-forming rocks are significant at $p < 0.05$ based on the Mann-Whitney test.

Расчеты гранулометрических коэффициентов показали, что материал донных отложений обследованных озер слабее отсортирован, характеризуется более крупным средним размером зерен и низкими значениями эксцесса по сравнению с материалом почвообразующих пород водосборов (табл. 2). Перенос вещества и формирование несортированного смешанного осадка в донных отложениях прибрежной части термокарстовых озер в результате различных термоденудационных процессов [12] провоцирует увеличение среднего размера зерен и ухудшение сортировки. Более низкие значения эксцесса кривых распределения размерных фракций донных отложений и плохая отсортированность зерен также указывают на то, что интенсивность привноса обломочного материала превышает скорость его динамической обработки. Береговая зона озер подвержена волновому воздействию, что приводит к разрушению торфяника, эрозии, отступанию береговой линии и привносу почвообразующей породы в прибрежную часть озер вследствие бокового дренажа [2, 37].

Расчеты гранулометрических коэффициентов показали, что материал донных отложений обследованных озер слабее отсортирован, характеризуется более крупным средним размером зерен и низкими значениями эксцесса по сравнению с материалом почвообразующих пород водосборов (табл. 2). Перенос вещества и формирование несортированного смешанного осадка в донных отложениях прибрежной части термокарстовых озер

Экология и природопользование
Куликова М.А., Соромотин А.В.

в результате различных термоденудационных процессов [12] ведет к увеличению среднего размера зерен и ухудшению сортировки. Более низкие значения эксцесса кривых распределения размерных фракций донных отложений и плохая отсортированность зерен также указывают на то, что интенсивность привноса обломочного материала превышает скорость его динамической обработки.

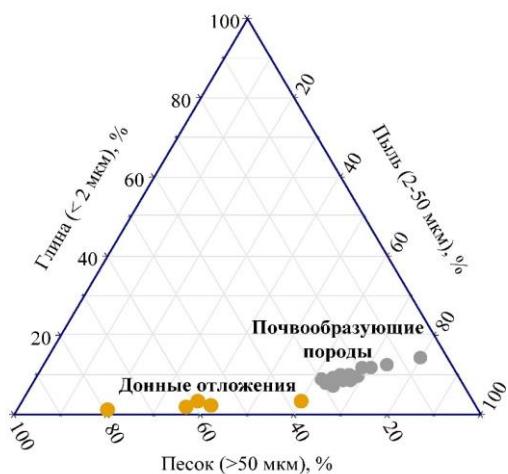


Рис. 2. Гранулометрический состав исследованных донных отложений и почвообразующих пород
Fig. 2. Granulometric composition of the studied sediments and soil-forming rocks

Береговая зона озер подвержена волновому воздействию, что приводит к разрушению торфяника, эрозии, отступанию береговой линии и привносу почвообразующей породы в прибрежную часть озер вследствие бокового дренажа [2, 37].

Донные отложения и почвообразующие породы хорошо визуально дифференцируются на диаграмме гранулометрического состава (рис. 2).

Схожесть гранулометрического состава опробованных почвообразующих пород и высокое разнообразие донных отложений свидетельствуют о различиях в обстановках осадконакопления, обусловленных индивидуальными особенностями водоемов. Факторы, определяющие индивидуальные особенности осадконакопления в термокарстовых озерах при относительно однородных почвообразующих породах, нуждаются в дополнительном изучении.

Характеристика элементного состава

Концентрации исследованных породообразующих элементов в донных отложениях и почвообразующих породах представлены в табл. 3. Сопоставление концентраций породообразующих элементов в почвообразующих породах и донных отложениях с составом верхней континентальной коры [40] показало обеднение Al, Fe, K, Na, Ca, Mg. Почвообразующие породы обогащены относительно верхней континентальной коры титаном, донные отложения – общей серой. Наши данные в целом согласуются с ранними исследованиями Т.А. Кремлевой [8], за исключением общей серы, содержание которой в исследованных нами донных отложениях в разы превышает данные предыдущих исследований (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Содержание породообразующих элементов в донных отложениях и почвообразующих породах термокарстовых озер Пур-Тазовского междуречья

(числитель – среднее, знаменатель – min-max), mg/kg, n – число озер/пород

The content of major elements in bottom sediments and soil-forming rocks of thermokarst lakes of the Pur-Taz interflue (numerator – the average, denominator – min-max), mg/kg; n – number of lakes/rocks

Элемент	Донные отложения (наши данные), n=6	Почвообразующие по- роды (наши данные), n=5	Донные отложения озер тундры [31], медиана, n=8	Кларк земной коры по Rudnick, Gao (2003) [18]
Al	41 576,7 26 371,3–47 187,4	54 981,4 51 097,0–60 270,0	47 858,8 21 917,6–64 588,2	81 500
Fe	16 495,6 13 195,7–19 894,0	24 432,8 21 687,2–27 093,5	14 420,0 9 100,0–27 790,0	39 180
K	11 141,6 5 255,1–15 091,8	14 620,9 14 406,1–15 052,4	16 927,7 11 119,1–17 757,4	23 240
Na	8 245,4 4 226,6–10 778,8	12 224,8 11 840,2–12 552,9	10 016,1 5 193,5–13 503,2	24 260
Ca	7 182,3 5 898,5–9 458,3	8 782,5 7 881,7–9 552,4	7 857,1 4 500,0–9 571,4	25 660
Mg	3 674,2 2 633,3–4 652,7	5 850,1 5 163,8–6 581,4	4 380,0 1 920,0–7 440,0	14 950
Ti	3 594,7 1 901,0–5 648,2	4 659,7 4 462,1–4 859,4	3 600,0 2 640,0–7 620,0	3 840
S _{общ}	1 088,7 124,6–2 371,1	77,9 65,3–91,9	250,0 100,0–940,0	621

Средние содержания исследованных элементов в донных отложениях изучаемых озер и почвообразующих породах их водосборов образуют следующую последовательность:

*Экология и природопользование
Куликова М.А., Соромотин А.В.*

Донные отложения

>1000 мг/кг	Al > Fe > K > Na > Ca > Mg > Ti > S
10–1000	P > Ba > Mn > Sr > Редкоземельные элементы > Zr > V > Cr > Rb > Zn > Ni > Cu > Li > Pb
0,1–10	Nb > Ga > Co > Th > U > As > Hf > Cs > Be > Sn > W > Sb > Ta > Mo > Tl > Cd > Bi
<0,1	Ag > Hg

Почвообразующие породы

>1000 мг/кг	Al > Fe > K > Na > Ca > Mg > Ti
10–1000	Mn > Ba > P > Sr > Редкоземельные элементы > Zr > V > S > Rb > Cr > Zn > Ni > Li > Cu > Pb > Co > Ga > Nb
0,1–10	Th > As > Hf > Cs > U > Be > W > Sn > Ta > Sb > Mo > Tl > Bi
<0,1	Ag > Cd > Hg

Элементы с концентрацией выше 1000 мг/кг составляют более 98 % от общего содержания всех рассмотренных элементов и формируют в донных отложениях и почвообразующих породах идентичную последовательность. Исключение составляет S_{общ}, содержание которой в среднем значительно выше в донных отложениях по сравнению с почвообразующими породами водосборов ($p < 0,05$). Обычно в осадках встречаются такие восстановленные виды серы, как пирит, H₂S и элементарная сера, а их сумма определяется как общая неорганическая сера [45]. Накопление S_{общ} в донных отложениях может быть результатом восстановления сульфатов в детрите [28], что подтверждается нашими данными корреляции сильной степени S_{общ} с содержанием органического углерода ($r_s=0,86$, $p < 0,01$). Косвенным подтверждением значительного содержания серы в донных отложениях являются процессы гниения серосодержащих белков органического вещества с образованием сероводорода (что отмечалось нами органолептически при извлечении седиментов из пробоотборника). В подледный период при дефиците кислорода активизируется процесс бактериального восстановления сульфатов до сероводорода [13]. Наличие серы на уровне пордообразующих элементов в донных отложениях термокарстовых озер говорит о значительной роли биологических процессов в биогеохимических циклах озер Арктики. Значительные количества серы в исследованных нами озерах не уникальный случай. Так, преобладание сульфатов в анионном составе вод «круглых» озер в Надымском районе объясняется как наличием морских эвапоритовых отложений, так и участием цианобактерий в круговороте серы озерных экосистем [19].

Сопоставление концентраций элементов в донных осадках и почвообразующих породах с составом верхней континентальной коры (рис. 4) показало накопление в процессе современного осадкообразования Cd, S_{общ}, U в донных отложениях ($KK=1,39–2,47$), Ti в почвообразующих породах ($KK=1,21$), а также Sb и Ag как в донных отложениях, так и в почвообразующих породах ($KK=1,36–1,43$). Высокие концентрации Cd и Sb в донных отложениях озер ранее отмечались в пределах территории Пур-Тазовского междуречья [20]. Факторы обогащения (EF), рассчитанные относительно средних содержаний в континентальной коре, показали умеренное обогащение донных отложений Cd и S_{общ} ($EF=4,8$ и $3,4$ соответственно). Нами не обнаружено обогащение никакими из исследованных элементов почвообразующих пород относительно содержаний в земной коре. Обеднение в донных отложениях озер более чем в 3 раза относительно верхней континентальной коры характерно для Mn, Ti, Ca, Mg (KP=3,20–4,07). Обеднение S_{общ} обнаружено в почвообразующих породах (KP=7,97).

Средние значения кларков рассеяния всех изученных элементов в донных осадках и почвообразующих породах составляют 1,93 и 1,85 соответственно, что подтверждает высказанное ранее суждение о том, что междуречье Пура и Таза является областью рассеяния химических элементов [17].

Особенности накопления химических элементов в донных отложениях термокарстовых озер

Иерархический кластерный анализ, выполненный по данным элементного состава донных отложений исследованных озер и почвообразующих пород, разделил объекты на две группы кластеров, что говорит о закономерной трансформации изначальной структуры почвообразующих пород в процессе осадконакопления (рис. 3). Трансформация исходного субстрата происходит под влиянием совокупности разнообразных факторов – климатических, гидрологических, механических, физических, химических, биологических и других процессов [3].

Объединение различных озер в рамках одного кластера на основании данных элементного состава (ИСП-МС) может обуславливаться схожестью обстановок осадконакопления. Выделение озера 5 в отдельный кластер может объясняться как особенностями седиментогенеза, так и его расположением в пределах четвертой морской террасы на аллювиально-морских отложениях, в отличие от остальных исследованных озер, приуроченных к озерно-аллювиальным отложениям третьей надпойменной террасы.

Экология и природопользование
Куликова М.А., Соромотин А.В.

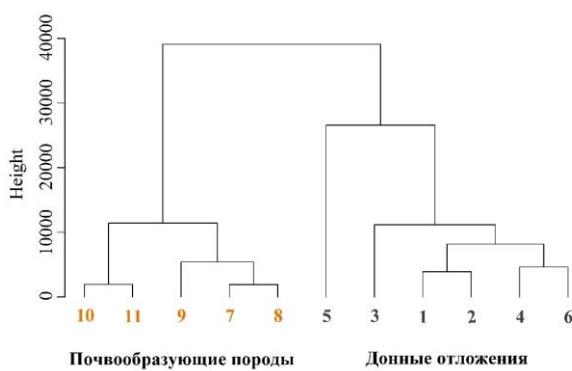


Рис. 3. Классификация донных отложений исследованных озер и почвообразующих пород водосборов по элементному составу (Метод Варда, евклидово расстояние)

Fig. 3. Classification of bottom sediments of the studied lakes and soil-forming rocks of catchments according to the elemental composition (Ward's method, Euclidean distance)

Согласно расчету критерия Манна – Уитни, концентрации большинства элементов в донных отложениях исследованных озер схожи с таковыми в почвообразующих породах ($p>0,05$, рис. 4). Влияние почвообразующих пород на состав донных отложений также отражается в высоких коэффициентах корреляции Спирмена ($r_s=0,98-0,99$, $p<0,01$). Тем самым подтверждается наше предположение о том, что элементный состав донных отложений термокарстовых озер во многом наследуется от почвообразующих пород и формируется в тесной связи с ними. Наши данные согласуются с предыдущими исследованиями генетической связи донных отложений малых континентальных озер с почвами и породами их водосборных площадей [14, 20].

Иерархический кластерный анализ, выполненный по данным элементного состава донных отложений исследованных озер и почвообразующих пород, разделил объекты на две группы кластеров, что говорит о закономерной трансформации изначальной структуры почвообразующих пород в процессе осадконакопления (рис. 3). Трансформация исходного субстрата происходит под влиянием совокупности разнообразных факторов – климатических, гидрологических, механических, физических, химических, биологических и других процессов [3].

Объединение различных озер в рамках одного кластера на основании данных элементного состава (ИСП-МС) может обуславливаться схожестью обстановок осадконакопления. Выделение озера 5 в отдельный кластер может объясняться как особенностями седиментогенеза, так и его расположением в пределах четвертой морской террасы на аллювиально-морских отложениях, в отличие от остальных исследованных озер, приуроченных к озерно-аллювиальным отложениям третьей надпойменной террасы.

Согласно расчету критерия Манна – Уитни, концентрации большинства элементов в донных отложениях исследованных озер схожи с таковыми в почвообразующих породах ($p>0,05$, рис. 4). Влияние почвообразующих пород на состав донных отложений также отражается в высоких коэффициентах корреляции Спирмена ($r_s=0,98-0,99$, $p<0,01$). Тем самым подтверждается наше предположение о том, что элементный состав донных отложений термокарстовых озер во многом наследуется от почвообразующих пород и формируется в тесной связи с ними. Наши данные согласуются с предыдущими исследованиями генетической связи донных отложений малых континентальных озер с почвами и породами их водосборных площадей [14, 20].

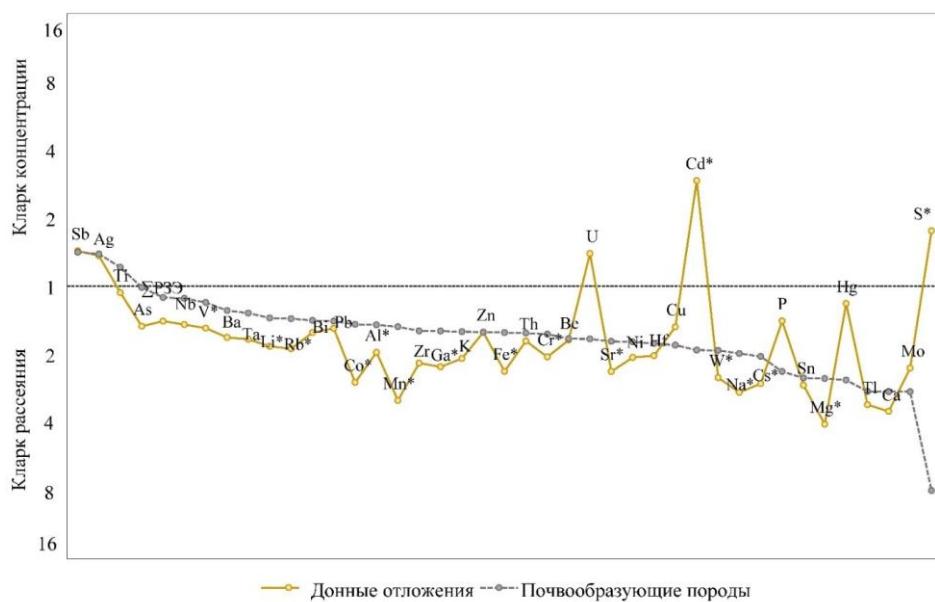


Рис. 4. Ранжированные по почвообразующим породам водосборных площадей спектры элементов в донных отложениях (кларки концентрации и рассеяния рассчитывались по отношению к кларку верхней континентальной коры [18]). Звездочкой (*) отмечены элементы, по которым выявлены достоверные различия между донным отложением и почвообразующими породами при $p < 0,05$.

Σ РЗЭ – суммарная концентраций редкоземельных элементов

Fig. 4. Spectra of elements in bottom sediments ranked by the soil-forming rocks of the catchment areas (clarkes of concentration were calculated as ratio to the clarke of the upper continental crust [18]). Asterisk (*) indicates elements for which reliable differences between bottom sediments and soil-forming rocks were found at $p < 0.05$.

Σ РЗЭ – total concentration of rare earth elements

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

Концентрации ряда элементов ($S_{общ}$, Cd, U, Hg, P, Mo, Cu, рис. 4), большинство из которых относится к халькофильным, чьи особенности накопления связаны с поступлением в составе дегрита и биогеохимическими процессами в водоеме [16], в донных отложениях выше относительно почвообразующих пород.

Более низкое содержание ряда элементов (Mn, Co, Mg, Na, Fe, Ga, Sr, Rb, Li, Al, Cs, W, V, Cr, $p < 0,05$, рис. 4) в донных отложениях относительно почвообразующих пород может быть обусловлено различными факторами, препятствующими их накоплению, в частности гранулометрическим составом. Более крупный средний размер частиц донных отложений прибрежной части озер, представляющей собой зону транспорта твердых частиц в наиболее глубокие части озер, обуславливает их низкую сорбционную способность [3]. Распределение Mn, Co, Mg, Na, Fe, Ga, Sr, Rb, Li, Al, W, V хорошо отрицательно коррелирует с долей песчаной фракции (коэффициент корреляции Спирмена r_s варьирует от -0,66 до -0,82, $p < 0,05$). Ранее отмечалось, что содержание тяжелых металлов в донных осадках водных объектов севера Западной Сибири в первую очередь определяется гранулометрическим составом отложений [17].

Заключение

Анализ гранулометрического состава показал, что условия в прибрежных частях водоемов, формирующиеся под действием криогенных процессов, приводят к изменению соотношения размерных фракций в сторону накопления более крупных зерен, тем самым представляя собой зону эрозии и транспорта твердых частиц в наиболее глубокие части, где происходит их захоронение.

Анализ элементного состава показал, что состав донных отложений исследованных озер в целом наследует состав пород их водосборных площадей и формируется в тесной связи с ними, отражая преимущественное влияние породного и литогенного факторов. Содержание Cd, $S_{общ}$, U выше кларка в донных отложениях, Ti – в почвообразующих породах, Sb и Ag – как в донных отложениях, так и в почвообразующих породах.

Анализ перераспределения элементов между донными отложениями и почвообразующими породами водосборов показал, что в донных осадках термокарстовых озер может происходить накопление $S_{общ}$, Cd, U, Hg, P, Mo, Cu, отражая влияние фациального фактора, связанного с аккумуляцией органического вещества. Полученные данные по значительному накоплению $S_{общ}$ в донных отложениях термокарстовых озер требуют изучения особенностей биогеохимических процессов цикла серы. Наоборот, сложившиеся условия в водоемах и на их водосборах, в частности гранулометрический состав осадков, а также формы нахождения и индивидуальные химические свойства ряда других элементов (Mn, Co, Mg, Na, Fe, Ga, Sr, Rb, Li, Al, Cs, W, V, Cr), препятствуют их накоплению в донных отложениях термокарстовых озер.

Таким образом, наша гипотеза о накоплении химических элементов в донных отложениях под действием термокарстовых процессов подтверждается в отношении преимущественно $S_{общ}$ и халькофильных элементов. Можно предположить, что по мере развития термокарстовых процессов в субарктике с образованием новых озер будет происходить перераспределение $S_{общ}$ и халькофильных элементов с накоплением их в донных отложениях термокарстовых озер.

Библиографический список

1. Атлас Ямalo-Ненецкого автономного округа. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. 303 с.
2. Данько М.М., Хомутов А.В. Первые результаты мониторинга развития полигонального рельефа в зоне взаимодействия торфяник-озера на севере Пур-Тазовского междуречья в 2021–2023 гг. // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2025. Т. 30, № 1. С. 49–60. DOI: 10.31242/2618-9712-2025-30-1-49-60 EDN: TTYLFO
3. Даувальтер В.А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. 242 с. ISBN: 978-5-86185-655-3 EDN: QKLCNR
4. Даувальтер В.А., Хлопцева Е.В. Гидрологические и гидрохимические особенности озер Большеземельской тундры // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2008. Т. 11, № 3. С. 407–414. EDN: JRGMGJ
5. Земцов А.А. Озера севера Западной Сибири и генезис их котловин // Вопросы географии Сибири. 1974. С. 87–105. EDN: WVMMHF
6. Иванов П.В. Классификация озер по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. 1948. № 21. С. 29–36.
7. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогоеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17. EDN: UCGNHL
8. Кремлева Т.А. Геохимические факторы устойчивости водных систем к антропогенным нагрузкам: дис. ... д-ра хим. наук: 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. М., 2015. 260 с. EDN: VHQMXP
9. Кремлева Т.А., Хорошавин В.Ю. Особенности ионного состава природных вод малых озер Западной Сибири и их классификация по кислотности и содержанию органического вещества // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах. 2016. С. 153–164. EDN: YMZXOS
10. Кремлева Т.А., Шавнин А.А., Паничев С.А. Характер распределения микроэлементов в донных отложениях с низким содержанием органического вещества в озерах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2014. № 5. С. 26–35. EDN: SIYJTV
11. Кукушкин С.Ю. Индикаторы антропогенной нагрузки на природно-территориальные комплексы при освоении нефтегазоконденсатных месторождений Северо-Западной Сибири: автореф. ... канд. геогр. наук: 25.00.36 – геоэкология. СПб, 2017. 25 с. EDN: ZCZZVL
12. Левочкина О.В., Лейбман М.О., Тарасевич И.И., Факащук Н.Ю., Гинзбург А.П., Данько М.М., Мареев В.А., Бурдак Д.В., Ванштейн Б.Г., Киль А.О., Семенов П.Б., Хомутов А.В. Состав отложений склонов, подверженных термоденудации, и его влияние на водные экосистемы Центрального Ямала // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. № 11. С. 546–551. DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-546-551 EDN: COZDTT
13. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М., Краснова Е.Д. Сероводородное заражение прибрежных озер на разных стадиях изоляции от Белого моря // Океанология. 2021. Т. 61, № 3. С. 401–412. DOI: 10.31857/s003015742102012x EDN: AEKBFE

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

14. Манасыпов Р.М., Покровский О.С., Широкова Л.С., Кирпотин С.Н., Зиннер Н.С. Элементный состав макрофитов термокарстовых озер Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 8. С. 50–65. EDN: XWCJPF
15. Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 261 с. EDN: TZUJIX
16. Московченко Д.В., Романенко Е.А. Особенности элементного состава почв Пур-Тазовского междуречья // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. № 103. С. 51–84. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-103-51-84 EDN: UXRRZO
17. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г. Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири // Почтоведение. 2019. № 4. С. 422–439. DOI: 10.1134/s0032180x19020114 EDN: ZADGVN
18. Соромотин А.В., Приходько Н.В., Сизов О.С., Дайзель А.В., Кудрявцев А.А., Закирова М.Р. Геоэкологическая оценка состояния термокарстовых озер Западной Сибири в зоне влияния арктического города (на примере Надыма) // Географический вестник. 2022. № 2 (61). С. 90–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-2-90-108 EDN: PMGCYQ
19. Соромотин А.В., Алешина О.А., Шумилов М.А., Приходько Н.В., Николаенко С.А., Куликова М.А. Среда обитания и особенности развития планктонных сообществ уникальных «круглых» озер бассейна Р. Надым (Западная Сибирь) // Биология внутренних вод. 2024. Т. 17, № 6. С. 930–944. DOI: 10.31857/S0320965224060078 EDN: WYFYTL
20. Страховенко В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири: дис. ... д-ра геол.-минер. наук: 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Новосибирск, 2011. 307 с. EDN: QFLSTP
21. Таций Ю.Г., Моисеенко Т.И., Разумовский Л.В., Борисов А.П., Хорошавин В.Ю., Баранов Д.Ю. Донные отложения арктических озер Западной Сибири как индикаторы изменений окружающей среды // Геохимия. 2020. Т. 65, № 4. С. 362–378. DOI: 10.31857/S0016752520040111 EDN: XFFAFG
22. Хотяновская Ю.В., Бузмаков С.А., Кучин Л.С. Геоэкологические закономерности трансформации природной среды при эксплуатации нефтяного месторождения в карстовом районе // Географический вестник. 2023. № 1 (64). С. 127–138. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-127-138 EDN: AYQMSG
23. Acevedo-Figueroa D., Jiménez B.D., Rodríguez-Sierra C.J. Trace metals in sediments of two estuarine lagoons from Puerto Rico // Environmental pollution. 2006. Vol. 141, No. 2. P. 336–342. DOI: 10.1016/j.envpol.2005.08.037
24. Audry S., Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Kirpotin S.N., Dupré B. Organic matter mineralization and trace element post-depositional redistribution in Western Siberia thermokarst lake sediments // Biogeosciences. 2011. Vol. 8, No. 11. P. 3341–3358. DOI: 10.5194/bg-8-3341-2011 EDN: PEFJZL
25. Bogdanova E., Lobanov A., Andronov S.V., Soromotin A.V., Popov A., Skalny A.V., Shaduyko O., Callaghan T.V. Challenges of changing water sources for human wellbeing in the Arctic zone of Western Siberia // Water. 2023. Vol. 15, No. 8. P. 1577. DOI: 10.3390/w15081577 EDN: TGKULX
26. Bouchard F., MacDonald L.A., Turner K.W., Thienpont J.R., Medeiros A.S., Biskaborn B.K., Korosi J., Hall R.I., Pienitz R., Wolfe B.B. Paleolimnology of thermokarst lakes: a window into permafrost landscape evolution // Arctic Science. 2016. Vol. 3, No. 2. P. 91–117. DOI: 10.1139/as-2016-0022
27. Chételat J., Amyot M., Arp P., Blais J.M., Depew D., Emmerton C.A., ... & van der Velden S. Mercury in freshwater ecosystems of the Canadian Arctic: recent advances on its cycling and fate // Science of the total environment. 2015. Vol. 509. P. 41–66. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.05.151 EDN: URVARJ
28. Drevnick P.E., Muir D.C., Lamborg C.H., Horgan M.J., Canfield D.E., Boyle J.F., Rose N.L. Increased accumulation of sulfur in lake sediments of the High Arctic // Environmental science & technology. 2010. Vol. 44, No. 22. P. 8415–8421. DOI: 10.1021/es101991p EDN: OBTSNJ
29. Edwards M., Walter K., Grosse G., Plug L., Slater L., Valdes P. Arctic thermokarst lakes and the carbon cycle // Science. 2009. Vol. 17. P. 16–18. DOI: 10.22498/pages.17.1.16
30. Folk R.L., Ward W.C. Brazos River bar [Texas]: a study in the significance of grain size parameters // Journal of sedimentary research. 1957. Vol. 27, No. 1. P. 3–26. DOI: 10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d
31. Grosse G., Goetz S., McGuire A.D., Romanovsky V.E., Schuur E.A. Changing permafrost in a warming world and feedbacks to the Earth system // Environmental Research Letters. 2016. Vol. 11, No. 4. P. 040201. DOI: 10.1088/1748-9326/11/4/040201 EDN: WTYGFN
32. Istomin K.V., Habeck J.O. Permafrost and indigenous land use in the northern Urals: Komi and Nenets reindeer husbandry // Polar Science. 2016. Vol. 10, No. 3. P. 278–287. DOI: 10.1016/j.polar.2016.07.002 EDN: XFOQCT
33. Kokelj S.V., Jenkins R.E., Milburn D., Burn C.R., Snow N. The influence of thermokarst disturbance on the water quality of small upland lakes, Mackenzie Delta region, Northwest Territories, Canada // Permafrost and Periglacial Processes. 2005. Vol. 16, No. 4. P. 343–353. DOI: 10.1002/ppp.536
34. Kornienko S.G. Studying the dynamics of thermokarst lakes in the area of the Yamburg gas field using Landsat satellite data // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2023. Vol. 20, No. 5. P. 246. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-246-260 EDN: XRQBXG
35. Kunin S., Semenova O., Callaghan T.V., Shaduyko O., Bodur V. Recording Permafrost Thaw and Thaw Lake Degradation in Northern Siberia: School Science in Action // Water. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 818. DOI: 10.3390/w15040818 EDN: OFHACR
36. Manasypov R.M., Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Auda Y., Zinner N.S., Vorobyev S.N., Kirpotin S.N. Biogeochemistry of macrophytes, sediments and porewaters in thermokarst lakes of permafrost peatlands, western Siberia // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 763. P. 144201. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144201 EDN: VXCHSU
37. Marsh P., Russell M., Pohl S., Haywood H., Onclin C. Changes in thaw lake drainage in the Western Canadian Arctic from 1950 to 2000 // Hydrological Processes: An International Journal. 2009. Vol. 23, No. 1. P. 145–158. DOI: 10.1002/hyp.7179 EDN: MLZBPZ
38. Московченко Д., Соромотин А., Хорошавин В., Приходько Н., Кирilloв В., Ковешников М., Печкин А. Climate change and the Ob River: A reassessment of major and trace element fluxes to the Arctic Ocean // Water. 2024. Vol. 16, No. 15. P. 2112. DOI: 10.3390/w16212112 EDN: XYLHFP
39. Romanovskii N.N., Hubberten H.W., Gavrilov A.V., Tumskoy V.E., Tipenko G.S., Grigoriev M.N., Siegert C. Thermokarst and land-ocean interactions, Laptev Sea region, Russia // Permafrost and Periglacial Processes. 2000. Vol. 11, No. 2. P. 137–152. DOI: 10.1002/1099-1530(200004/06)11:EDN: KCZEUM
40. Rudnick R.L., Gao S. The Composition of the Continental Crust // Treatise on Geochemistry. 2003. Vol. 3. P. 1–64. DOI: 10.1016/b0-08-043751-6/03016-4 EDN: VGJLOX

Экология и природопользование

Куликова М.А., Соромотин А.В.

41. Szumińska D., Kozioł K., Chalov S.R., Efimov V.A., Frankowski M., Lehmann-Konera S., Polkowska Ż. Reemission of inorganic pollution from permafrost? A freshwater hydrochemistry study in the lower Kolyma basin (North-East Siberia) // Land Degradation & Development. 2023. Vol. 34, No. 17. P. 5591–5605. DOI: 10.22541/au.167155205.57797751/v1 EDN: QCBFRK
42. Vonk J.E., Tank S.E., Bowden W.B., Laurion I., Vincent W.F., Alekseychik P., ... Wickland K.P. Reviews and syntheses: Effects of permafrost thaw on Arctic aquatic ecosystems // Biogeosciences. 2015. Vol. 12, No. 23. P. 7129–7167. DOI: 10.5194/bg-12-7129-2015 EDN: WRQFLX
43. Walter K.M., Edwards M.E., Grosse G., Zimov S.A., Chapin F.S. Thermokarst lakes as a source of atmospheric CH₄ during the last deglaciation // Science. 2007. Vol. 318, No. 5850. P. 633–636. DOI: 10.1126/science.1142924 EDN: LKTRST
44. Zoller W.H., Gladney E.S., Duce R.A. Atmospheric concentrations and sources of trace metals at the South Pole // Science. 1974. Vol. 183, No. 4121. P. 198–200. DOI: 10.1126/science.183.4121.198
45. Zopfi J., Böttcher M.E., Jørgensen B.B. Biogeochemistry of sulfur and iron in Thioploca-colonized surface sediments in the upwelling area off central Chile // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2008. Vol. 72, No. 3. P. 827–843. DOI: 10.1016/j.gca.2007.11.031 EDN: KEPIGL

References

1. *Atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous District* (2004). Omsk: Omsk Cartographic Factory (in Russian)
2. Danko, M.M., Khomutov, A.V. (2025). Pervy'e rezul'taty' monitoringa razvitiya poligonal'nogo re'lefa v zone vzaimodejstviya torfyanik-ozero na severo Pur-Tazovskogo mezhdurech'ya v 2021–2023 gg (First results of monitoring the development of polygonal relief in the peatland-lake interaction zone in the north of the Pur-Taz interfluvium in 2021–2023). *Natural Resources of the Arctic and Subarctic*, 30(1), Pp. 49–60. DOI: 10.31242/2618-9712-2025-30-1-49-60 (in Russian)
3. Dauwalter, V.A. (2012) *Geoecology of lake bottom sediments*. Murmansk: Izd-vo MSTU (in Russian)
4. Dauwalter, V.A., Khlopseva, E.V. (2008). Gidrologicheskie i gidroximicheskie osobennosti ozer Bol'shezemel'skoj tundry` (Hydrological and hydrochemical features of lakes in Bolshezemelskaya tundra). *Bulletin of Murmansk State Technical University*, 11(3), Pp. 407–414. (in Russian)
5. Zemtsov, A.A. (1974). Ozera severa Zapadnoj Sibiri i genezis ix kotlovin (Lakes in the north of Western Siberia and the genesis of their basins). *Voprosy geografii Sibiri*, Pp. 87–105 (in Russian)
6. Ivanov, P.V. (1948). Klassifikaciya ozer po velichine i po ix srednej glubine (Classification of lakes by size and by their average depth). *Bulletin of LSU*, No21, Pp. 29–36 (in Russian)
7. Kasimov, N. S., Vlasov, D. V. (2015). Klarki ximicheskix elementov kak e`talony` sravneniya v e`kogeoximii (Clarks of chemical elements as standards of comparison in ecogeochimistry). *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*, No2, Pp. 7–17. (in Russian)
8. Kremleva, T.A. (2015) *Geochemical factors of stability of water systems to anthropogenic loads*. Moscow. (In Russian)
9. Kremleva, T.A., Khoroshavin, V.Y. (2016). Osobennosti ionnogo sostava prirodnyx vod mal'yx ozer Zapadnoj Sibiri i ix klassifikaciya po kislotnosti i soderzhaniju organiceskogo veshhestva (Features of ionic composition of natural waters of small lakes in Western Siberia and their classification by acidity and organic matter content). *Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments*, Pp. 153–164. (in Russian)
10. Kremleva, T.A., Shavnin, A.A., Panichev, S.A. (2014). Harakter raspredeleniya mikroelementov v donnyx otlozheniyax s nizkim soderzaniem organiceskogo veshhestva v ozerax Zapadnoj Sibiri (Character of trace elements distribution in bottom sediments with low organic matter content in lakes of Western Siberia). *Bulletin of Tyumen State University, Ecology and Nature Management*, No.5. Pp. 26–35. (in Russian)
11. Kukushkin, S.Y. (2017) *Indicators of anthropogenic load on natural-territorial complexes in the development of oil and gas condensate fields in North-West Siberia*. St. Petersburg. (in Russian)
12. Levochkina, O.V., Leibman, M.O., Tarasevich, I.I., Fakashchuk, N.Yu., Ginzburg, A.P., Danko, M.M., Mareev, V.A., Burdak, D.V., Vanshtein, B.G., Kil, A.O., Semenov, P.B., Khomutov, A.V. (2024). Sostav otlozhenij sklonov, podverzhennykh termodenudacii, i ego vliyanie na vodnye ekosistemy Central'nogo Yamala (Composition of sediments of slopes subjected to thermodenudation and its influence on aquatic ecosystems of the Central Yamal). *Relief and Quaternary formations of the Arctic, Subarctic and Northwest Russia*, No.11, Pp. 546–551 DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-546-551. (in Russian)
13. Losyuk, G.N., Kokryatskaya, N.M., Krasnova, E.D. (2021). Serovodorodnoe zarazhenie pribrezhnykh ozer na raznykh stadiyakh izolyacii ot Belogo morya (Hydrogen sulfide contamination of coastal lakes at different stages of isolation from the White Sea). *Oceanology*. No.61(3), pp. 401–412. DOI: 10.31857/s003015742102012x (in Russian)
14. Manasypov R. M., Pokrovsky O. S., Shirokova L. S., Kirpotin S. N., Zinner N. S. (2018). Ehlementnyj sostav makrofitov termokarstovykh ozer Zapadnoj Sibiri (Elemental composition of macrophytes of thermokarst lakes of Western Siberia). *Izvestia Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering*, No.329(8), Pp. 50–65 (in Russian)
15. Moiseenko, T.I. (1997) *Theoretical bases of rationing of anthropogenic loads on Subarctic water bodies*, Apatity: Publishing house of KSC RAS (In Russian)
16. Moskovchenko, D.V., Romanenko, E.A. (2020). Osobennosti ehlementnogo sostava pochv Pur-Tazovskogo mezhdurech'ya (Features of elemental composition of soils of the Pur-Taz interfluvium). *Bulletin of the VV Dokuchaev Soil Institute*, No.103, Pp. 51–84 (in Russian)
17. Opekunova M. G., Opekunov A. Yu., Kukushkin S. Yu., Ganul A. G. (2019). Fonovoe soderzhanie khimicheskikh ehlementov v pochvakh i donnykh osadkakh severa Zapadnoj Sibiri (Background content of chemical elements in soils and bottom sediments of the north of Western Siberia). *Soil Science*, No4. Pp. 422–439. DOI: 10.1134/s0032180x19020114 (in Russian)
18. Soromotin, A.V., Prikhodko, N.V., Sizov, O.S., Daizel, A.V., Kudryavtsev, A.A., Zakirova, M.R. (2022). Geoekologicheskaya ocenka sostoyaniya termokarstovyx ozor Zapadnoj Sibiri v zone vliyanija arkticheskogo goroda (na primere Nadyma) (Geoenvironmental assessment of thermokarst lakes in Western Siberia in the zone of influence of an Arctic city (on the example of Nadym)). *Geographical Bulletin*, 2 (61), pp. 90–108. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-2-90-108 (in Russian)
19. Soromotin, A.V., Alyoshina, O.A., Shumilov, M.A., Prikhodko, N.V., Nikolaenko, S.A., Kulikova, M.A. (2024). Sreda obitaniya i osobennosti razvitiya planktonnykh soobshchestv unikal'nykh "kruglyKH" ozer bassejna R. Nadym (Zapadnaya Sibir') (Habitat and peculiarities of development of planktonic communities of unique 'round' lakes of the Nadym River basin (Western Siberia)). *Inland Water Biology*, No.17(6), pp. 930–944. DOI: 10.31857/S0320965224060078 (in Russian)
20. Strakhovenko, V.D. (2011) *Geochemistry of bottom sediments of small continental lakes of Siberia*. Novosibirsk (in Russian)
21. Tatsiy, Y.G., Moiseenko, T.I., Razumovsky, L.V., Borisov, A.P., Khoroshavin, V.Y., Baranov, D.Y. (2020). Donnye otlozheniya arkticheskikh ozer Zapadnoj Sibiri kak indikatory izmenenij okruzhayushchej sredy (Bottom sediments of Arctic lakes of Western Siberia as indicators of environmental changes). *Geochemistry*, No.65(4), Pp. 362–378. DOI: 10.31857/S0016752520040111 (in Russian)

*Экология и природопользование**Куликова М.А., Соромотин А.В.*

22. Khotyanovskaya, Y.V., Buzmakov, S.A., Kuchin, L.S. (2023). Geoekhologicheskie zakonomernosti transformacii prirodnoj sredy pri ehkspluatacii neftyanogo mestorozhdeniya v karstovom rajone (Geoecological regularities of natural environment transformation during oil field exploitation in a karst area). *Geographical Bulletin*, 1(64). Pp. 127–138 DOI: 10.17072/2079-7877-2023-1-127-138. (in Russian)
23. Acevedo-Figueroa D., Jiménez B.D., Rodríguez-Sierra C.J. Trace metals in sediments of two estuarine lagoons from Puerto Rico // *Environmental pollution*. 2006. T. 141. № 2. – C. 336-342. doi: 10.1016/j.envpol.2005.08.037.
24. Audry S., Pokrovsky O. S., Shirokova L. S., Kirpotin S. N., Dupré B. Organic matter mineralization and trace element post-depositional redistribution in Western Siberia thermokarst lake sediments // *Biogeosciences*. 2011. T. 8. № 11. C. 3341-3358. doi: 10.5194/bg-8-3341-2011.
25. Bogdanova E., Lobanov A., Andronov S. V., Soromotin A.V., Popov A., Skalny A. V., Shaduyko O., Callaghan T. V. Challenges of changing water sources for human wellbeing in the Arctic zone of Western Siberia // *Water*. 2023. T. 15. № 8. C. 1577. doi: 10.3390/w15081577.
26. Bouchard F., MacDonald L. A., Turner K. W., Thienpont J. R., Medeiros A. S., Biskaborn B. K., Korosi J., Hall R.I., Pienitz R., Wolfe B. B. Paleolimnology of thermokarst lakes: a window into permafrost landscape evolution // *Arctic Science*. 2016. T. 3. № 2. C. 91-117. doi: 10.1139/as-2016-0022.
27. Chételat J., Amyot M., Arp P., Blais J. M., Depew D., Emmerton C. A., ... & van der Velden S. Mercury in freshwater ecosystems of the Canadian Arctic: recent advances on its cycling and fate // *Science of the total environment*. 2015. T. 509. C. 41-66. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.05.151.
28. Drevnick P. E., Muir D. C., Lamborg C. H., Horgan M. J., Canfield D. E., Boyle J. F., Rose, N. L. Increased accumulation of sulfur in lake sediments of the High Arctic // *Environmental science & technology*. 2010. T. 44. № 22. C. 8415-8421. doi: 10.1021/es101991p.
29. Edwards M., Walter K., Grosse G., Plug L., Slater L., Valdes P. Arctic thermokarst lakes and the carbon cycle // *Science*. 2009. T. 17. C. 16-18. doi: 10.22498/pages.17.1.16.
30. Folk R.L., Ward W.C. Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters // *Journal of sedimentary research*. 1957. T. 27. № 1. C. 3-26. doi: 10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d.
31. Grosse G., Goetz S., McGuire A. D., Romanovsky V. E., Schuur E. A. Changing permafrost in a warming world and feedbacks to the Earth system // *Environmental Research Letters*. 2016. T. 11. № 4. C. 040201. doi: 10.1088/1748-9326/11/4/040201.
32. Istomin K.V., Habbeck J.O. Permafrost and indigenous land use in the northern Urals: Komi and Nenets reindeer husbandry // *Polar Science*. 2016. T. 10. № 3. C. 278-287. doi: 10.1016/j.polar.2016.07.002.
33. Kokelj S. V., Jenkins R. E., Milburn D., Burn C. R., Snow, N. The influence of thermokarst disturbance on the water quality of small upland lakes, Mackenzie Delta region, Northwest Territories, Canada // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2005. T. 16. № 4. C. 343-353. doi: 10.1002/ppp.536.
34. Kornienko S.G. Studying the dynamics of thermokarst lakes in the area of the Yamburg gas field using Landsat satellite data // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2023. T. 20. № 5. C. 246. doi: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-246-260.
35. Kunin S., Semenova O., Callaghan T. V., Shaduyko O., Bodur V. Recording Permafrost Thaw and Thaw Lake Degradation in Northern Siberia: School Science in Action // *Water*. 2023. T. 15. № 4. C. 818. doi: 10.3390/w15040818.
36. Manasypov R. M., Pokrovsky O. S., Shirokova L. S., Auda Y., Zinner N. S., Vorobyev S. N., & Kirpotin S. N. Biogeochemistry of macrophytes, sediments and porewaters in thermokarst lakes of permafrost peatlands, western Siberia // *Science of the Total Environment*. 2021. T. 763. C. 144201. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144201.
37. Marsh P., Russell M., Pohl S., Haywood H., Onclin C. Changes in thaw lake drainage in the Western Canadian Arctic from 1950 to 2000 // *Hydrological Processes: An International Journal*. 2009. T. 23. № 1. C. 145-158. doi: 10.1002/hyp.7179.
38. Moskovchenko D., Soromotin A., Khoroshavin V., Prikhodko N., Kirillov V., Koveshnikov M., Pechkin A. Climate change and the Ob River: A reassessment of major and trace element fluxes to the Arctic Ocean // *Water*. 2024. T. 16. № 15. C. 2112. doi: 10.3390/w16152112.
39. Romanovskii N. N., Hubberten H. W., Gavrilov A. V., Tumskoy V. E., Tipenko G. S., Grigoriev M. N., & Siegert C. Thermokarst and land-ocean interactions, Laptev Sea region, Russia // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2000. T. 11. № 2. C. 137-152. doi: 10.1002/1099-1530(200004/06)11:2<137::aid-ppp345>3.3.co;2-c.
40. Rudnick R.L., Gao S. The Composition of the Continental Crust // *Treatise on Geochemistry*. 2003. T. 3, C. 1-64. doi: 10.1016/b0-08-043751-6/03016-4.
41. Szumińska D., Kozioł K., Chalov S. R., Efimov V. A., Frankowski M., Lehmann-Konera S., Polkowska Ž. Reemission of inorganic pollution from permafrost? A freshwater hydrochemistry study in the lower Kolyma basin (North-East Siberia) // *Land Degradation & Development*. 2023. T. 34. № 17. C. 5591-5605. doi: 10.22541/au.167155205.57797751/v1.
42. Vonk J. E., Tank S. E., Bowden W. B., Laurion I., Vincent W. F., Alekseychik P., ... Wickland K. P. Reviews and syntheses: Effects of permafrost thaw on Arctic aquatic ecosystems // *Biogeosciences*. 2015. T. 12. № 23. C. 7129-7167. doi: 10.5194/bg-12-7129-2015.
43. Walter K. M., Edwards M. E., Grosse G., Zimov S. A., Chapin F. S. Thermokarst lakes as a source of atmospheric CH₄ during the last deglaciation // *Science*. 2007. T. 318. № 5850. C. 633-636. doi: 10.1126/science.1142924.
44. Zoller W.H., Gladney E.S., Duce R.A. Atmospheric concentrations and sources of trace metals at the South Pole // *Science*. 1974. T. 183. № 4121. C. 198-200. doi: 10.1126/science.183.4121.198.
45. Zopfi J., Böttcher M.E., Jørgensen B.B. Biogeochemistry of sulfur and iron in Thioploca-colonized surface sediments in the upwelling area off central Chile // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2008. T. 72. № 3. C. 827-843. doi: 10.1016/j.gca.2007.11.031.

Статья поступила в редакцию: 20.05.25, одобрена после рецензирования: 08.07.25, принятая к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 20 May 2025; approved after review: 8 July 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Экология и природопользование
Куликова М.А., Соромотин А.В.

Информация об авторах

Мария Андреевна Куликова

Аспирант, инженер-исследователь, научно-исследовательский институт экологии и рационального использования природных ресурсов, Тюменский государственный университет; 625003, г. Тюмень ул. Володарского, 6

e-mail: m.a.kulikova@utmn.ru

Information about the authors

Maria A. Kulikova

Postgraduate Student, Research engineer, Research Institute of Ecology and Rational Use of Natural Resources, University of Tyumen; 6, Volodarskogo st., Tyumen, 625003, Russia

Андрей Владимирович Соромотин

Доктор биологических наук, доцент, директор научно-исследовательского института экологии и рационального использования природных ресурсов, Тюменский государственный университет; 625003, г. Тюмень ул. Володарского, 6

e-mail: a.v.soromotin@utmn.ru

Andrey V. Soromotin

Doctor of Biological Sciences, Director of the Research Institute of Ecology and Rational Use of Natural Resources, University of Tyumen; 6, Volodarskogo st., Tyumen, 625003, Russia

Вклад авторов

Куликова М.А. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, подготовка графических материалов.

Соромотин А.В. – идея, сбор материала, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Maria A. Kulikova – the idea; material collection and processing; writing of the article; preparation of the graphic materials.

Andrey V. Soromotin – the idea; material collection; scientific editing of the text.

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

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Научная статья

УДК 556.555.6

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-143-152

EDN: YLOHVP



ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ БЕРЕГОВ КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Андрей Александрович Лагута¹, Анатолий Валерьевич Погорелов², Евгений Николаевич Киселев³

¹ Компания «АГМ Системы», г. Краснодар, Россия

^{2,3} Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

¹ alaguta@icloud.com, Scopus Author ID: 57211746312, Researcher ID: Z-1338-2018, РИНЦ Author ID: 1014100, SPIN-код: 2060-5138

² pogorelov_av@bk.ru, Scopus Author ID: 55536906800, РИНЦ Author ID: 7124, SPIN-код: 6274-3126

³ enkiselev@gmail.com, Scopus Author ID: 57213410193, SPIN-код: 9845-1434 РИНЦ Author ID: 771926

Аннотация. Краснодарское водохранилище, расположенное на реке Кубань, является одним из ключевых элементов мелиоративного комплекса на Юге России. Объем ежегодного забора воды на орошение составляет около 3,35 млрд м³. При введении в эксплуатацию в 1975 г. это долинное водохранилище имело проектную площадь 400 км². За полвека эксплуатации его морфометрические характеристики подверглись значительным изменениям. Самостоятельную научно-практическую проблему представляет трансформация берегов, влияние которой на изменение гидрографических характеристик и общее заиление водоема остается недостаточно исследованным.

В статье по данным разновременных лазерных съемок (воздушного лазерного сканирования в 2019 г. и мобильного лазерного сканирования в 2023 и 2025 гг.) приведены результаты количественных оценок переработки берегов и анализа береговых процессов. На тестовых участках, характеризующихся различными обстановками рельефообразования, построены высокоточные цифровые модели рельефа. Мониторинг береговой полосы Краснодарского водохранилища за шестилетний период выявил существенные изменения в морфологии берегов. На трех ключевых участках общей протяженностью 3,21 км зафиксированы значительные объемы переработки берегового массива – 54,3 тыс. м³ при их общей площади 8,9 тыс. м². При этом расчетные среднегодовые объемы переработки берегов для всего водоема (20,3 тыс. м³) несравнимо меньше установленных нами объемов заиления (среднегодовое значение 6,26 млн м³ за 2005–2021 гг.). Наибольшая активность абразионных процессов отмечена на обрывах, подверженных волновому воздействию. Здесь зафиксировано отступание береговой линии на расстояние до 57 м при среднем значении отступания для исследуемых берегов 2,9 м. Формирование дельты выдвижения р. Кубани в водохранилище существенно изменило гидродинамический режим прибрежной зоны, сократив участки с активным волновым воздействием. Изменения коснулись пляжной зоны, где за период 2019–2023 гг. наблюдается постепенное снижение высоты береговых валов, что указывает на ослабление волновой активности.

Ключевые слова: Краснодарское водохранилище, формирование берегов, абразия, лазерная съемка, цифровая модель рельефа, объем переработки

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-20005 и при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках проекта № 24-27-20005.

Для цитирования: Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н. Оценка деформации берегов Краснодарского водохранилища с применением лазерного сканирования // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 143–152. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-143-152 EDN YLOHVP

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-4-143-152

EDN: YLOHVP

ASSESSMENT OF THE DEFORMATION OF THE KRASNODAR RESERVOIR SHORES USING LASER SCANNING

Andrey A. Laguta¹, Anatoly V. Pogorelov², Evgeny N. Kiselev³

¹ AGM Systems LLC, Krasnodar, Russia

² Kuban State University, Krasnodar, Russia



© 2025 Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Картография и геоинформатика

Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

¹ alaguta@icloud.com, Scopus Author ID: 57211746312, ResearcherID: Z-1338-2018, RINTs Author ID: 1014100, SPIN-code: 2060-5138

² pogorelov_av@bk.ru, Scopus Author ID: 55536906800, RINTs Author ID: 7124, SPIN-code: 6274-3126

³ enkiselev@gmail.com, Scopus Author ID: 57213410193, SPIN-code: 9845-1434 RINTs Author ID: 771926

Abstract. The Krasnodar Reservoir, located on the Kuban River, is a key element of the melioration complex in the south of Russia. The annual water intake for irrigation is about 3.35 billion m³. When commissioned in 1975, this valley reservoir had the projected area of 400 km². For over half a century of operation, its morphometric characteristics have undergone significant changes. An independent scientific and practical problem is the transformation of the shores, the impact of which on the change in hydrographic characteristics and general siltation of the reservoir remains insufficiently studied. The article presents the results of quantitative assessments of the shoreline abrasion and analysis of littoral processes based on multi-temporal lidar surveys (airborne laser scanning in 2019 and mobile laser scanning in 2023 and 2025). High-precision DEMs were constructed for test sections characterized by different relief formation settings. Monitoring of the Krasnodar Reservoir shoreline over a six-year period revealed considerable changes in the morphology of the shores. Significant volumes of shoreline abrasion were recorded on three key sections with a total length of 3.21 km: 54.3 thousand m³ with a total area of 8.9 thousand m². At the same time, the rated average annual abrasion volumes for the entire reservoir (20.3 thousand m³) are incomparably less than the siltation volumes we have established (the average annual for 2005–2021 is 6.26 million m³). The highest activity of abrasion processes is noted on cliffs exposed to wave action. Here, a retreat of the shoreline by up to 57 m was noted, with the average retreat value for the studied shores equal to 2.9 m. The protruding of the Kuban River delta into the reservoir significantly changed the hydrodynamic regime of the littoral zone, reducing areas with intensive wave action. Changes also affected the beach area, where a gradual decrease in the height of shoreline ridges was observed over the period 2019–2023, this indicating the weakening of wave activity.

Keywords: Krasnodar Reservoir, shore formation, abrasion, lidar survey, digital elevation model, abrasion volume

Funding: the research was carried out under a grant from the Russian Science Foundation (No. 24-27-20005) and with the financial support from the Kuban Science Foundation (scientific project No. 24-27-20005).

For citation: Laguta, A.A., Pogorelov, A.V., Kiselev E. N. (2025). Assessment of the deformation of the Krasnodar Reservoir shores using laser scanning. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 143–152. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-143-152 EDN: YLOHVP

Введение

Краснодарское водохранилище с проектной площадью 400 км², являясь важнейшим объектом комплексного водопользования в Краснодарском крае, имеет две ключевые функции – защита от паводков территорий в нижнем течении р. Кубани на площади 600 тыс. га и обеспечение водой оросительных систем на площади около 215 тыс. га. Интерес к объективной оценке его состояния и процессам трансформации обусловлен, с одной стороны, его значением для оросительной системы Краснодарского края, с другой – активными процессами преобразования этого природно-техногенного объекта. Преобразования охватывают не только процессы заилиения долинного водохранилища, но и непрерывную (с начала заполнения в 1973 г.) переработку берегов. Берега сложены преимущественно лессовидными суглинками – наиболее слабыми, как известно, по сопротивляемости размыву дисперсными грунтами, с сопутствующим при абразии формированием трещин, заколов в клифе, останцовых форм.

Опубликованные результаты исследований [4–5, 7–10, 12, 13] достаточно детально освещают вопросы общей трансформации водоема, изменений донного рельефа и процессов заилиения, однако процессы переформирования берегов остаются плохо изученными [3, 6] при весьма ограниченных данных полевых измерений. Особого внимания при обоснованном долгосрочном прогнозировании гидроэкологического состояния водохранилища заслуживают два взаимосвязанных процесса: заилиение, вызванное поступлением твердого стока рек [8, 12], и переработка берегов, влияющая на морфометрические характеристики и функциональные показатели водохранилища. Деформации берегов абразионных типов сопровождаются поступлением продуктов абразии в чашу водоема и потерями земельного фонда в окрестностях водохранилища.

Наиболее интенсивная переработка в 1973–1992 гг. наблюдалась на правом берегу от х. Ленина до ст. Васюринской, где максимальное отступание берегового уступа составило 30–60 м в зависимости от участка [14]. Согласно распространенной классификации [7, 15], выделяются типы берегов, различающиеся характером и интенсивностью процессов берегообразования (рис. 1).

Отсутствие данных инструментальных измерений после 1992 г. не позволяет достоверно оценить количественные характеристики текущей динамики берегов и их вклад в трансформацию водоема. Особенно важно по данным геодезических трансформаций берегов определить влияние абразии и других береговых процессов на изменение объема водохранилища. Полученные количественные сведения о переработке берегов могут быть полезны для решения широкого круга прикладных задач, включая моделирование экосистемы водоема и управление водохранилищем.

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

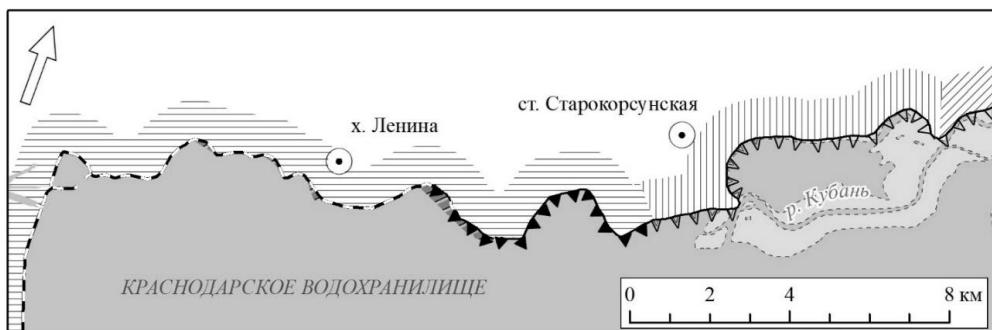


Рис. 1. Области морфолитогенеза и характерные типы берегов Краснодарского водохранилища [7]
Fig. 1. Morpholithogenesis areas and shore types characteristic of the Krasnodar Reservoir [7]

Материалы и методы

Традиционный подход к наблюдению за перемещением берегового уступа и отмели основан на периодическом проведении геодезических работ и установке реперных маркеров. В качестве современного решения задачи контроля берегового уступа предлагается применять технологию лазерного сканирования в двух модификациях: воздушное лазерное сканирование (ВЛС) и мобильное лазерное сканирование (МЛС). Опыт подобных измерений [1, 2, 11, 18–21] свидетельствует, что технологии лазерного сканирования в сочетании с ГИС-моделированием обеспечивают качественный скачок при проведении мониторинга берегов. Среди очевидных достоинств технологии – оперативность съемки, пространственный охват лидарных измерений, высокая точность и пространственное разрешение данных, существенное снижение трудозатрат при проведении полевых работ. Кроме того, изучение рельефа высоких абразионных берегов классическими инструментальными средствами крайне затруднительно и более трудозатратно. Применение метода фотограмметрии для построения высокоточной ЦМР при наличии древесно-кустарниковой растительности нецелесообразно.

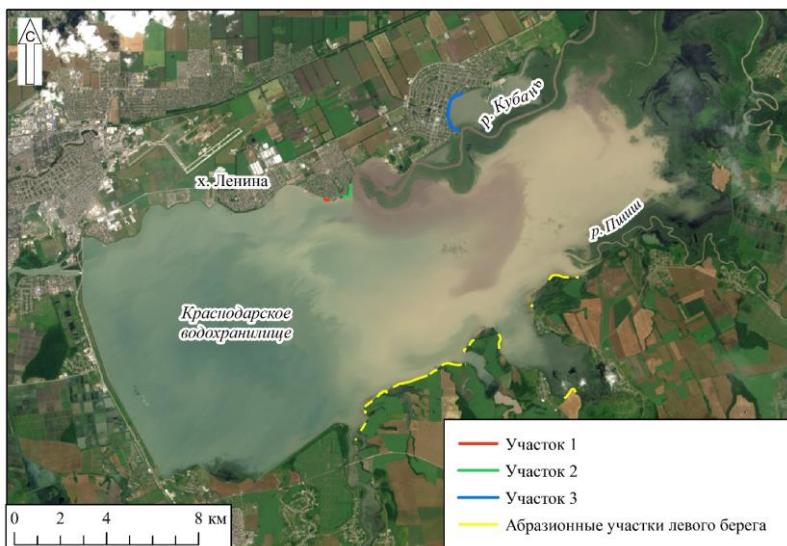


Рис. 2. Участки съемки на берегу Краснодарского водохранилища.
Снимок Landsat 9, 13.07.2025

Fig. 2. Geodetic survey sites on the shore of the Krasnodar Reservoir.
Landsat 9 image, 13 July, 2025

В работе использованы материалы воздушного лазерного сканирования, выполненного 13 августа 2019 г., и мобильного лазерного сканирования, выполненного 9 сентября 2023 г. и 8 февраля 2025 г. Для проведения исследований в 2023 г. определены тестовые участки (рис. 2), критерием выбора которых послужило их расположение в зонах с различными условиями морфолитогенеза, что соответствует разным типам берегов. Участки 1 и 2 представляют собой активный клиф, тогда как участок 3 – отмирающий клиф. Важно отметить, что первые два участка отличаются разной экспозицией берега, что позволяет в дальнейшем оценить влияние волнового воздействия и течений на динамику берегов.

Метод лазерного сканирования основан на пространственной фиксации массива точек лазерных

отражений (ТЛО) с помощью комплекса специализированных устройств. В состав комплекса входят: сенсор для измерения расстояний (LiDAR), ГНСС-приемник для определения координат и инерциальный измерительный блок, регистрирующий параметры пространственной ориентации. Совместная обработка данных этих компонентов обеспечивает точное вычисление координат ТЛО. При выполнении мобильного лазерного сканирования за-

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

действована система АГМ-МС1 с погрешностью определения пространственного положения ТЛО до 5 см. Полевые исследования включали рекогносировку местности, направленную на выбор оптимальных маршрутов движения. Основными критериями при этом выступали обеспечение стабильного приема ГНСС-сигнала и полное покрытие коридором съемки участка берегового уступа. Все маршруты отрабатывались в прямом и обратном направлении. Расчеты траектории и ТЛО проведены в программе AGM ScanWorks Pro.

Исследуемый участок береговой линии Краснодарского водохранилища характеризуется наличием активного клифа с соответствующими формами поверхности, которые в некоторых местах (например, в волноприбойных нишах) имеют отрицательный уклон (рис. 3а, б). Такая морфология создает принципиальные сложности для стандартных методов классификации точек истинного рельефа, поскольку приводит к появлению нескольких значений высот в точках с одинаковыми координатами. Для решения проблемы построения цифровой модели рельефа (ЦМР) с отрицательными уклонами поверхности предложен модифицированный подход [6], включающий:

1. Построение триангуляционной (TIN) модели по минимальным высотным отметкам в ячейках регулярной сетки;

2. Итерационное добавление точек (вершин TIN) с настраиваемыми параметрами угла и дистанции в TIN-модель [17];

3. Пространственную трансформацию данных (поворот на 90° с последующим возвратом в исходную систему координат).

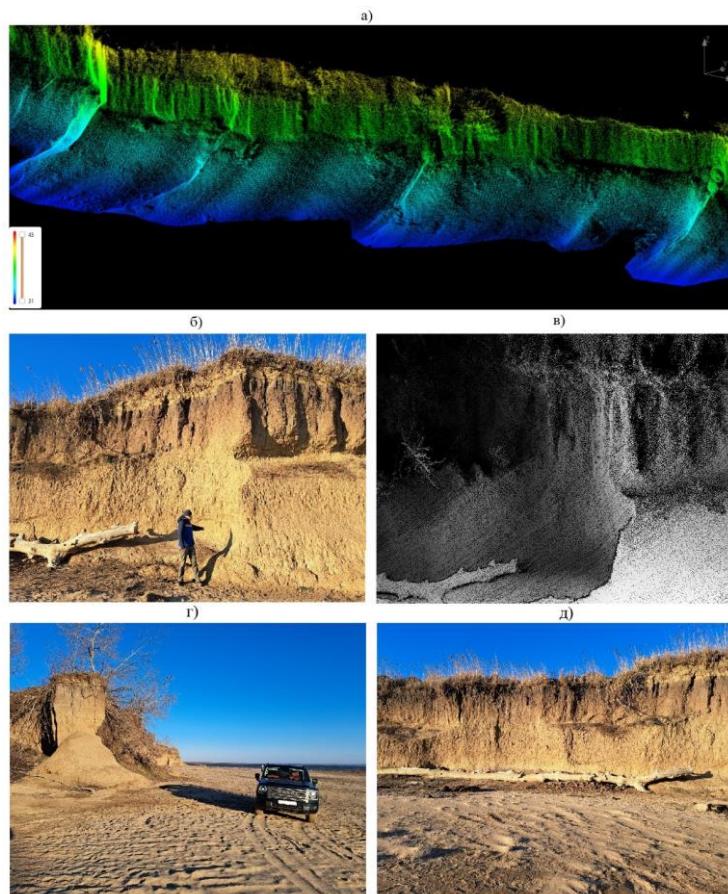


Рис. 3. Примеры ТЛО по данным лидарной съемки тестового участков берега Краснодарского водохранилища (а, в). Положение волноприбойных ниш на откосе (б, г, д). 8 февраля 2025 г.

Fig. 3. Examples of laser reflection points based on lidar survey data from the test sections of the Krasnodar Reservoir shoreline (a, b). Position of wave-breaking niches on the slope (b, g, d). February 8, 2025.

Результатом обработки является облако точек класса «земля», ограниченное бровкой и подошвой клифа. Для участка 1 (рис. 2) протяженностью 264 м выполнено преобразование координат ТЛО по следующему алгоритму:

1. Произведена замена координат по оси X на значения расстояний вдоль бровки клифа;
2. Осуществлен поворот массива точек на -90° относительно новой оси X.

Предлагаемая методика реализует подходы, представленные в [6], и позволяет трансформировать сложный рельеф откоса в вертикальную плоскость, обеспечивая корректное моделирование поверхностей с отрицательным уклоном и упрощая тем самым последующий анализ расчетных морфологических характеристик.

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

После преобразования системы координат построена ЦМР с разрешением 0,05 м. Выделение волноприбойных ниш проводилось с использованием индекса топографической позиции (Topographic Position Index – TPI) [19, 23]. Этот индекс применяется для идентификации положительных и отрицательных форм рельефа как в топографии [16], так и в батиметрии [22, 25]. Для каждой ячейки TPI рассчитывается как разность между ее высотой и средним значением высот соседних ячеек. При вычислении индекса использовалось скользящее окно размером 2 м.

Для анализа динамики изменения прибрежного рельефа за исследуемый период построены разностные модели высот.

Основные результаты

Построенные по данным лазарной съемки разновременные ЦМР послужили основой последующих количественных расчетов переработки берегов, а также создания разностных моделей высот [24] для анализа морфологических изменений в береговой зоне. В пределах трех тестовых участков по данным разности ЦМР 2019, 2023, 2025 гг. рассчитаны площади, объемы переработки берегов и удельный объем переработки на один погонный метр длины берегового уступа (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Расчетные характеристики переработки берегов на тестовых участках
Estimated characteristics of shoreline abrasion on the test sections

Номер участка	Длина, м	Площадь, м ²	Объем, м ³	Удельный объем переработки, м ³ /м	2019–2023 гг.		2019–2025 гг.	
					Площадь, м ²	Объем, м ³	Удельный объем переработки, м ³ /м	Средняя высота откоса, м
1	264,01	4269,5	26369,6	99,88	4573,85*	28249,35*	107,00*	6,18
2	718,85	1714,07	10784,13	15,91	2435,45	15322,71	22,23	6,29
3	2225,13	1345,47	7694,18	3,46	1886,33	10787,11	4,85	5,72
Всего	3207,99	7329,03	44847,9	13,98	8895,62	54359,16	16,94	5,91

* Примечание. Ко времени проведения мобильного лазерного сканирования (08.02.2025 г.) на участке 1 начаты берегоукрепительные работы: вертикальные откосы срезаны, в зоне пляжа создана искусственная терраса высотой до 2 м.

* Note. By the time of mobile laser scanning (08 February 2025), shoreline protection works had begun on section 1: vertical slopes had been cut, and an artificial terrace up to 2 m high had been created in the beach area.

Как следует из расчетов (табл. 1), участок 1, несмотря на наименьшую протяженность, демонстрирует наибольшую интенсивность переработки, выраженную в абсолютных величинах объема переработки берега за 2019–2025 гг. Здесь к 2025 г. переработке подвергся сплошной, неразделенный массив шириной от 8 до 57 м. В отличие от участка 1, участки 2 и 3 подверглись значительно меньшей переработке. Участки 2 и 3, находясь в переходной зоне морфолитогенеза (рис. 1, 2), отличаются фрагментированностью, что и определяет снижение интенсивности ежегодных деформаций.

Величина удельного объема переработки правого берега Краснодарского водохранилища в целом возрастает с востока на запад и связана с сокращением разгона волн в ходе активного формирования дельты выдвижения р. Кубани (рис. 2). К 2025 г. на участке 2 в процессе берегообразования произошла смена морфолитогенеза – преобладающий волновой морфолитогенез на данном участке перешел в переходную fazу именно вследствие непрерывного выдвижения дельты Кубани. Необходимо отметить значительное снижение удельного объема переработки на участке 1 за период 2023–2025 гг. (табл. 1, рис. 4). Это объясняется тем, что в 2022 г. на данном участке произошло разрушение двух крупных останцов и, как следствие, уменьшение степени расчленения береговой линии (рис. 5а, б). После выравнивания береговой линии величина удельного объема переработки стала сравнима с таковой на участке 2 (рис. 4).

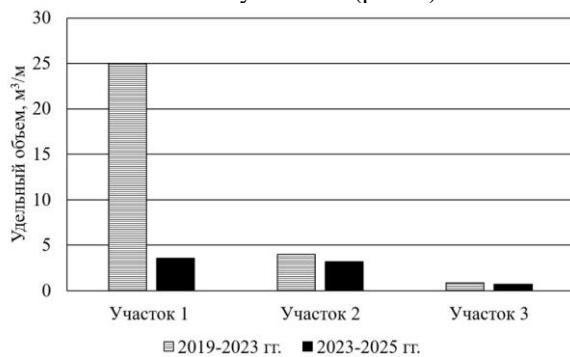


Рис. 4. Среднегодовой удельный объем переработки берегов на участках съемки
Fig. 4. The average annual specific volume of shoreline abrasion at the survey sites

оценочная величина среднего годового объема абразионной переработки для левого берега за период 2019–2025 гг. составляет 11,2 тыс. м³.

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

Построенная для участка 1 разностная модель высот за период 2019–2023 гг. наглядно показывает понижение отметок поверхности до 8 м в местах разрушения останцов (рис. 5).

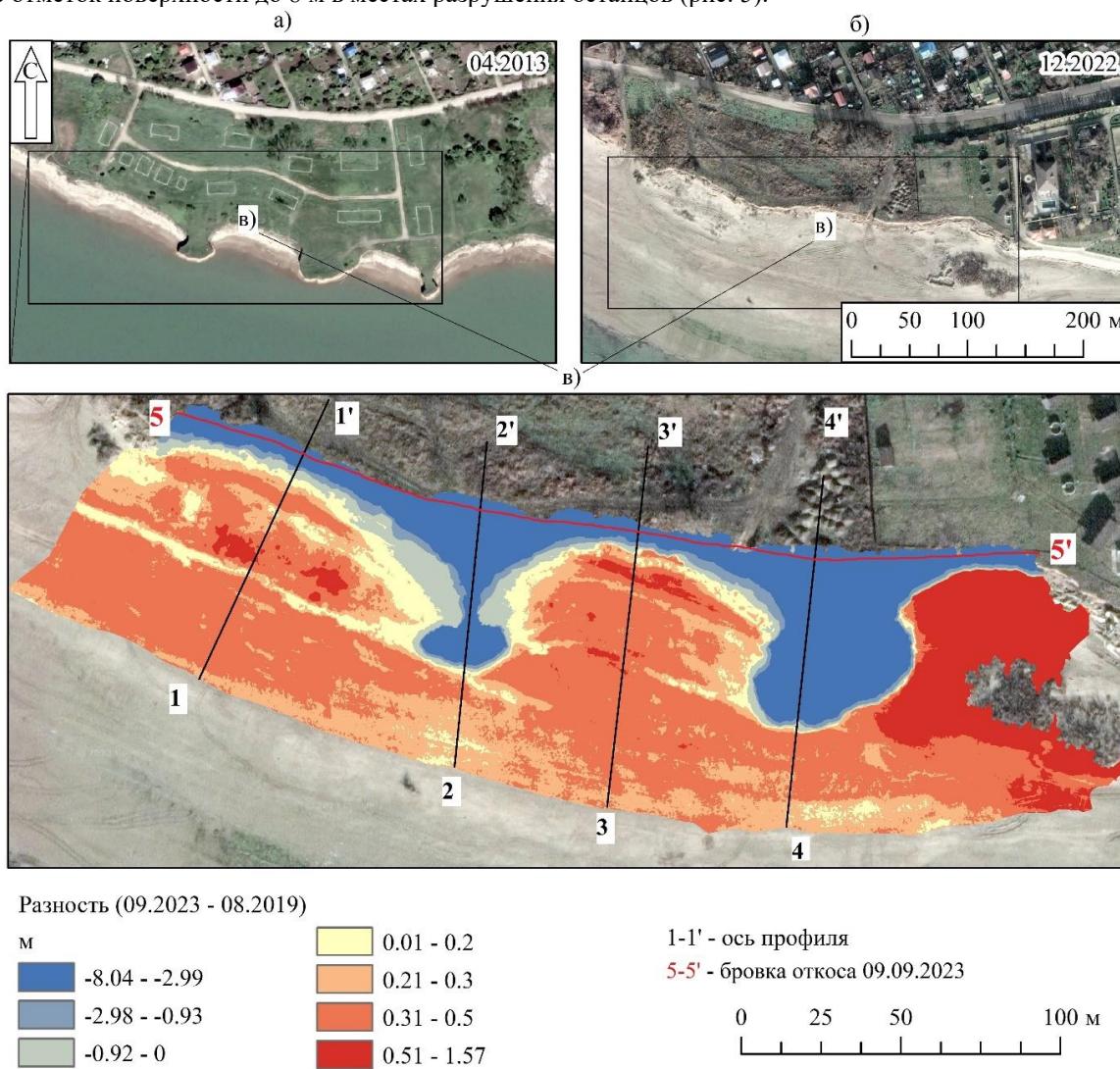


Рис. 5. Деформация береговой линии Краснодарского водохранилища на участках активного клифа (27.04.2013 г. (а), 18.12.2022 (б). (Снимки – Maxar Technologies)).

Разностная модель береговой зоны на участке 1 за период 2019–2023 гг. (внизу)

Fig. 5. Deformation of the Krasnodar Reservoir shoreline in active cliff areas

(27 April 2013 (a), 18 December 2022 (b). (Images – Maxar Technologies)).

The difference model of the shoreline zone on section 1 for the period 2019–2023 (below)

Как следует из разностной модели высот, в прилегающей зоне отмелей и пляжей повсеместный рост абсолютных отметок неравномерен; для изменения рельефа пляжа в рассматриваемый период характерно снижение относительной высоты береговых валов и глубины понижений между валами (рис. 5). Это подтверждается также построенными поперечными профилиями по разновременным ЦМР (рис. 6). Максимальный рост отметок пляжа на участке 1 составил 1,57 м. Наблюдаемая тенденция нивелирования рельефа пляжа свидетельствует о снижении в течение 2019–2025 гг. интенсивности волноприбойной деятельности на данном участке.

Реализуемый нами метод построения модели рельефа с отрицательным уклонами дает возможность выполнить морфологический анализ поверхности с применением геоморфометрических характеристик. Для анализа использован индекс TPI. По данным распределения TPI на участке 1 по состоянию на 09.09.2023 г., вдоль стенки откоса четко выделяется волноприбойная ниша длиной 281 м (рис. 7), состоящая, в свою очередь, из локальных ниш, имеющих разные высоты и морфологию в масштабе микрорельефа. Средняя глубина ниши равна 0,34 м, при этом самая глубокая точка ниши находится на отметке 33,64 м (для сравнения, НПУ водохранилища – 32,75 м).

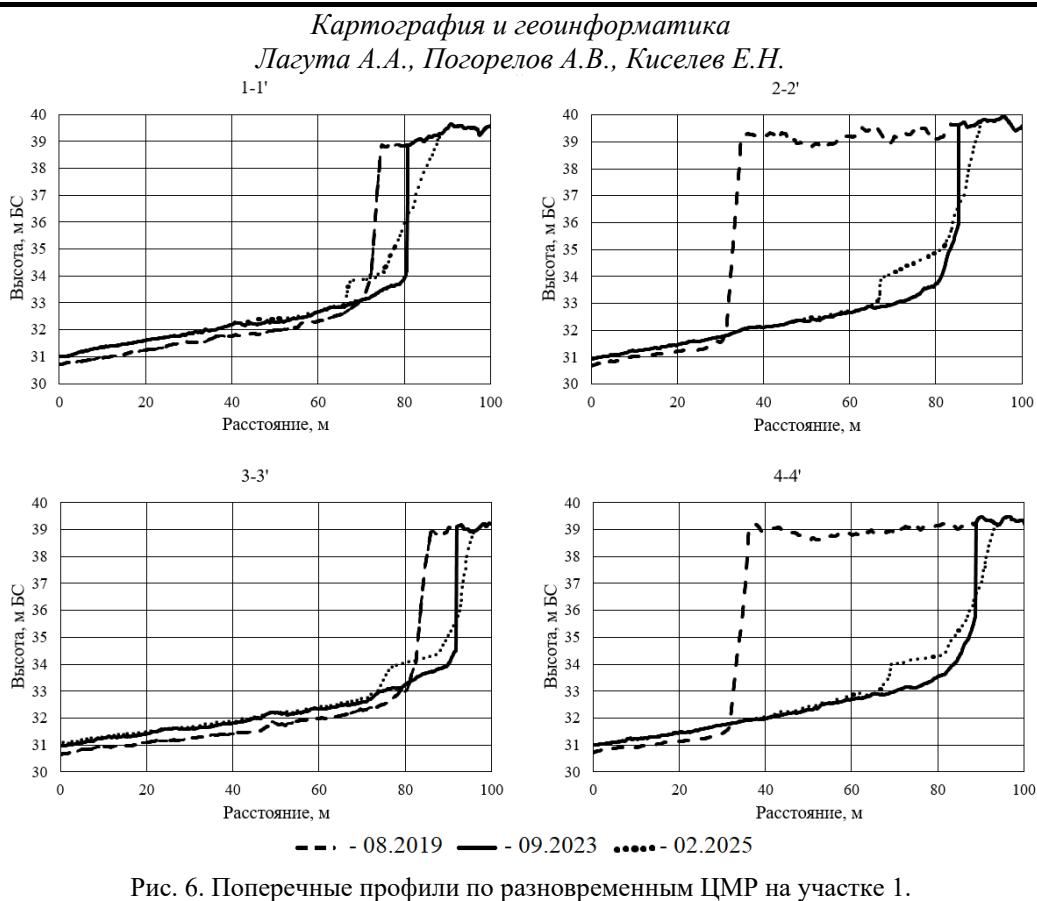


Рис. 6. Поперечные профили по разновременным ЦМР на участке 1.

Положение осей профилей показано на рис. 5

Fig. 6. Transverse profiles for multi-time DEM on section 1.

The profile axes position is shown in Fig. 5

Обобщенные статистические показатели глубины и высотного положения волноприбойных ниш представлены в табл. 2. Понятно, что сведения об этих отрицательных формах рельефа существенным образом дополняют представления о деформации берегов на участках клифообразных форм и могут быть интерпретированы с позиции объема и вероятности локальных обрушений.

Таблица 2
Table 2

Статистические показатели глубины и высотного положения

волноприбойных ниш на участке 1

Statistical indicators of the depth and altitude of the wave-breaking niches on section 1

Величина	Глубина ниши, м	Общая длина ниши, м	Высотная отметка самой глубокой точки ниши, м
Максимальная	0,71	281,0	36,92
Минимальная	0,01		33,64
Средняя	0,34		34,19

Выводы

1. Применяемые методы лазерных съемок и последующего цифрового моделирования берегов дают возможность оценивать деформации берегов и изменения их морфометрических характеристик, а также использовать полученные данные для решения прикладных задач, включая создание информационной основы (база геоданных, ГИС для поддержки принятия решений) мониторинга водохранилищ.

2. Мониторинг состояния берегов Краснодарского водохранилища на основе регулярных (1 раз в год в период межени) лазерных съемок представительных участков позволяет фиксировать негативные геоморфологические процессы, составлять оперативные, средне- и долгосрочные прогнозы трансформации берегов, а также оценивать вклад переработки берегов в изменение гидрографических показателей водохранилища.

3. На основе повторных лазерных съемок берегов Краснодарского водохранилища, проведенных в различных зонах морфолитогенеза, определены площади и объемы переработки берегов, положение волноприбойных ниш, а также проанализирована динамика изменений в береговой полосе за 2019–2025 гг. Суммарный объем переработки на трех участках общей протяженностью 3,21 км достиг 54,3 тыс. м³. Наибольшая активность абразионной деятельности наблюдается на клифах в зоне волнового морфолитогенеза. За исследуемый период смещение бровки склона вглубь суши варьировалось от 0 до 57 м при среднем значении 2,9 м.

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

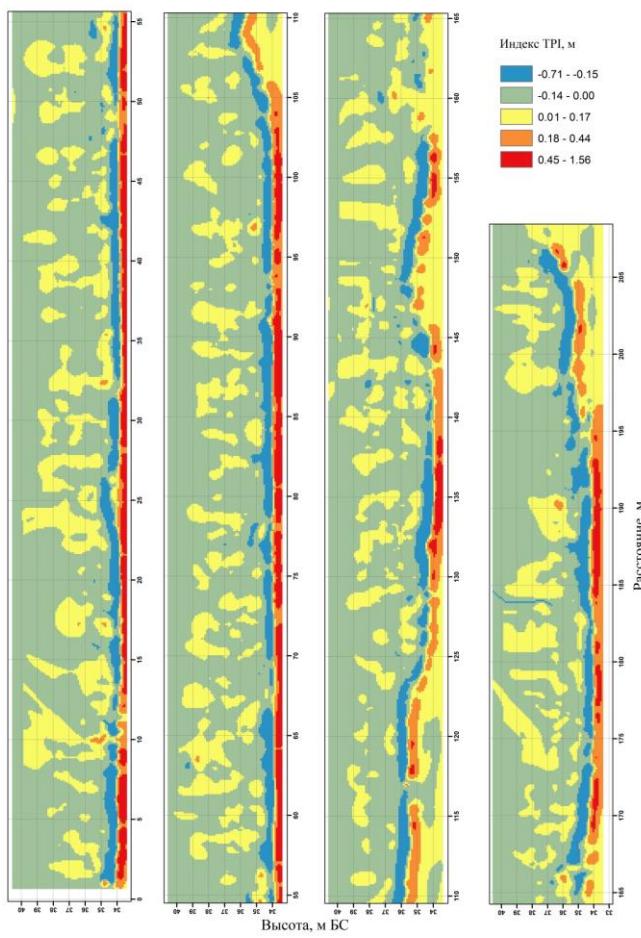


Рис. 7. Распределение индекса TPI вдоль вертикальной стенки на участке 1
 (сентябрь 2023 г., проекция бровки откоса – 5–5' (рис. 5))

Fig. 7. TPI index distribution along the vertical wall on section 1
 (September 2023, projection of the slope edge – 5–5' (Fig. 5))

4. Интенсивное формирование дельты выдвижения Кубани приводит к сокращению области волнового морфолитогенеза. Зафиксированы изменения в морфологии пляжной зоны, включая снижение высоты береговых валов, что свидетельствует об уменьшении волнового воздействия из-за формирующейся в акватории водохранилища дельты Кубани.

5. Наши оценки среднегодового объема переработки берегов Краснодарского водохранилища (20,3 тыс. м³), полученные путем суммирования фактических величин для правого берега и оценочных для левого, свидетельствуют о незначительном вкладе продуктов разрушения берегов в годовые объемы заиления.

Предлагаемые методы съемки и анализа позволяют вывести мониторинг водохранилища на качественно новый уровень. Точные данные о трансформации водоема имеют ключевое значение для эффективного управления водно-ирригационными ресурсами в Краснодарском крае.

Библиографический список

1. Кравцова В.И., Другов М.Д. Типы динамики дюнного рельефа Анапской пересыпи: исследование по материалам воздушного лазерного сканирования // Геодезия и картография. 2019. Т. 80, № 2. С. 32–45. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-944-2-32-45 EDN: DUHIV
2. Крыленко М.В., Крыленко В.В. Особенности выполнения высокоточной съемки рельефа абразионного берега с помощью БПЛА // Бюллетень науки и практики. Науки о Земле. 2020. Т. 6, № 2. С. 10–19. DOI: 10.33619/2414-2948/51/01 EDN: IAEPTR
3. Курбатова И.Е. Космический мониторинг береговой зоны Краснодарского водохранилища // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Вып. 5, Т. 2. С. 523–528. EDN: NDPWLZ
4. Курбатова И.Е. Мониторинг трансформации Краснодарского водохранилища с использованием спутниковых данных высокого разрешения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11, № 3. С. 42–53. EDN: THXXYN
5. Курбатова И.Е. Спутниковый мониторинг экологической катастрофы на Краснодарском водохранилище летом 2020 г. и ее природные и антропогенные предпосылки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 5. С. 328–334. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-5-328-334 EDN: ERKFDK
6. Лагута А.А. Моделирование отвесной стенки активного клифа по данным лазарной съемки (на примере Краснодарского водохранилища) // Геология и геофизика Юга России. 2024. № 14 (3). С. 230–242. DOI: 10.46698/f5109-1021-3401-u EDN: JTWBKV
7. Лагута А.А., Погорелов А.В. О переработке берегов Краснодарского водохранилища // Региональные географические исследования: сб. науч. трудов. КубГУ, 2019. Вып. 12. С. 23–30.

Картография и геоинформатика
Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.

8. Лагута А.А., Погорелов А.В. Особенности дельтоформирования рек, впадающих в долинное водохранилище (на примере Краснодарского водохранилища) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2019. № 3 (50). С. 119–134. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-3-119-134 EDN: IJSKFB
9. Лагута А.А., Погорелов А.В. Особенности заилиения Краснодарского водохранилища. Опыт оценки по данным батиметрических съемок // Географический вестник=Geographical bulletin. 2018. № 4 (47). С. 54–66. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-54-56 EDN: YTTYKD
10. Литовка Ф.С., Бандурин М.А., Ванжа В.В. Пути решения проблемы заилиения Краснодарского водохранилища для рационального использования ресурсов пойменных территорий // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2019. № 7. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_108_7y2019_Litovka.pdf_a0820f4a60.pdf
11. Погорелов А.В., Антоненко М.В., Бойко Е.С., Федорова С.И., Елецкий Ю.Б. Исследование компонентов береговой зоны Азовского моря по данным воздушного лазерного сканирования (район Вербянской косы) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 11. С. 33–39. EDN: SXVQMT
12. Погорелов А.В., Лагута А.А., Киселёв Е.Н. Новые сведения о заилиении Краснодарского водохранилища по данным батиметрической съёмки // Географический вестник=Geographical bulletin. 2022. № 2 (61). С. 166–179. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-2-166-179 EDN: SSINRA
13. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С. Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища // Географический вестник=Geographical bulletin. 2017. № 1 (40). С. 130–137. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137 EDN: YNBUVP
14. Правила использования водных ресурсов Краснодарского водохранилища. ПИИ «Кубаньводпроект». Краснодар, 2008. 158 с.
15. Хабидов А.Ш., Кусковский В.С., Жиндарев Л.А., Хейне Д.М. и др. Берега морей и внутренних водоемов: Актуальные проблемы геологии, геоморфологии и динамики. Новосибирск: Издательство СО РАН, 1999. 272 с. ISBN: 5-7692-0241-6 EDN: RXKDZV
16. Черниховский Д.М. Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа ASTER и SRTM // Сибирский лесной журнал. 2017. № 3. С. 28–39. DOI: 10.15372/SJFS20170303 EDN: ZDPCDV
17. Axelsson P. DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. ISPRS – International Archives of the Photogrammetry // Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2000. Vol. 33. P. 110–117.
18. Boyko E., Krylenko V., Krylenko M. LIDAR and airphoto technology in the study of the Black Sea accumulative coasts // Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015). International Society for Optics and Photonics. 2015. V. 9535. P. 95351Q. DOI: 10.1117/12.2192577 EDN: UFHXAJ
19. Jenness J. Topographic Position Index (TPI). 2006. Vol. 1.2. 42 p. 2020.
20. Ossowski R., Przyborski M., Tysiak P. Stability assessment of coastal cliffs incorporating laser scanning technology and a numerical analysis. Remote Sensing. 2019. Vol. 11, Iss. 16, Art. No. 1951. DOI: 10.3390/rs11161951
21. Ossowski R., Tysiak P. A new approach of coastal cliff monitoring using mobile laser scanning. Polish Maritime Research. 2018. Vol. 25, Iss. 2. P. 140–147. DOI: 10.2478/pomr2018-0065
22. Pogorelov A., Laguta A., Kiselev E., Lipilin D. Features of the long-term transformation of the Krasnodar reservoir, near the mouth of the Kuban River, Russia. Journal of Geographical Sciences. 2021. Vol. 31. P. 1895–1904. DOI: 10.1007/s11442-021-1928-7
23. Weiss A.D. Topographic Positions and Landforms Analysis (Conference Poster). 21st Annual ESRI. International User Conference. San Diego, CA, July 9–13, 2001.
24. Williams R. DEMs of difference. Geomorphological Techniques. British Society for Geomorphology. 2012. No. 2 (3.2). P. 1–17.
25. Wilson M.F.J., O'Connell B., Brown C., Guinan J.C., Grehan A.J. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. Marine Geodesy. 2007. Iss. 30. P. 3–35. DOI: 10.1080/01490410701295962 EDN: MDYNGL
- References**
1. Kravtsova, V.I., Drugov, M.D. (2019). Tipy dinamiki dyunnogo rel'efa Anapskoj peresypji: issledovanie po materialam vozduzhnogo lazernogo skanirovaniya (Types of Dynamics of Dune Relief of Anapa Spillway: A Study Based on Airborne Laser Scanning Materials). *Geodesy and Cartography*. Vol. 80. No 2. Pp. 32–45. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-944-2-32-45.
2. Krylenko, M.V., Krylenko, V.V. (2020). Osobennosti vypolneniya vysokotochchnoj s"iomki rel'efa abrazionnogo berega s pomoshch'yu BPLA (Features of high-precision survey of the abrasion coast relief using UAVs). *Bulletin of Science and Practice. Earth Sciences*. Vol. 6. No 2. Pp. 10–19. DOI: 10.33619/2414-2948/51/01.
3. Kurbatova, I.E. (2008). Kosmicheskij monitoring beregovoj zony Krasnodarskogo vodokhranilishcha (Space monitoring of the coastal zone of the Krasnodar reservoir). *Actual problems of remote sensing of the Earth from space*. Vol 2. Pp. 523–528.
4. Kurbatova, I.E. (2014). Monitoring transformacii Krasnodarskogo vodokhranilishcha s ispol'zovaniem sputnikovykh dannykh vysokogo razresheniya (Monitoring of the transformation of the Krasnodar Reservoir using high resolution satellite data). *Actual problems of remote sensing of the Earth from space*. Vol. 11, No. 3. Pp. 42–53.
5. Kurbatova, I.E. (2021). Sputnikovyj monitoring ekologicheskoy katastrofy na Krasnodarskom vodokhranilishche letom 2020 g. i ee prirodnye i antropogenyye predposylki (Satellite monitoring of the environmental disaster on the Krasnodar reservoir in the summer of 2020 and its natural and anthropogenic prerequisites). *Actual problems of remote sensing of the Earth from space*. Vol. 18. No 5. Pp. 328–334.
6. Laguta, A.A. (2024). Modelirovaniye otvesnoj stenki aktivnogo klifa po dannym lidarnoj s"emki (na primere Krasnodarskogo vodokhranilishcha) (Modeling of a steep wall of an active cliff using LiDAR survey data (case study of the Krasnodar Reservoir)). *Geology and Geophysics of the South of Russia*. 14(3). Pp.230–242. DOI: 10.46698/f5109-1021-3401-u
7. Laguta, A.A., Pogorelov, A.V. (2019). O pererabotke beregov Krasnodarskogo vodokhranilishcha (On the processing of the banks of the Krasnodar reservoir). *Regional Geographical Researches*. Vol. 12. KubSU. Pp. 23–30.
8. Laguta, A.A., Pogorelov, A.V. (2019). Osobennosti del'toformirovaniya rek, ypadayushchikh v dolinnoe vodokhranilishche (na primere Krasnodarskogo vodokhranilishcha) (Features of delta formation of rivers flowing into a valley reservoir (on the example of the Krasnodar reservoir)). *Geographical Bulletin*, No. 3(50), Pp. 119–134. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-3-119-134.
9. Laguta, A.A., Pogorelov, A.V. (2018). Osobennosti zaileniya Krasnodarskogo vodokhranilishcha. Opyt ocenki po dannym batimetricheskikh s"emok (Features of siltation of the Krasnodar reservoir). Evaluation experience from bathymetric surveys). *Geographical Bulletin*. No. 4(47), Pp. 54–66. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-4-54-66.
10. Litovka, F.S., Bandurin, M.A., Vanzha, V.V. (2019). Puti resheniya problemy zaileniya Krasnodarskogo vodokhranilishcha dlya rational'nogo ispol'zovaniya resursov pojmennykh territorij (Ways to solve the problem of silting of the Krasnodar reservoir for the rational use of resources of floodplain territories). *Electronic scientific journal Engineering Bulletin of the Don*. No. 7. URL:http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_108_7y2019_Litovka.pdf_a0820f4a60.pdf
11. Pogorelov, A.V., Antonenko M.V., Bojko E.S., Fedorova S.I., Eleckij Ju.B. (2014). Issledovanie komponentov beregovoj zony Azovskogo morya po dannym vozduzhnogo lazernogo skanirovaniya (rajon Verbyanoj kosy) (Study of the components of the coastal zone of the Sea of Azov based on airborne laser scanning data (Verbyana Spit area)). *Environmental protection in the oil and gas industry*. No. 11. Pp. 33–39.

*Картография и геоинформатика**Лагута А.А., Погорелов А.В., Киселев Е.Н.*

12. Pogorelov, A.V., Laguta, A.A., Kiselev, E.N. (2022). Novye svedeniya o zailenii Krasnodarskogo vodokhranilishcha po dannym batimetriceskoy s'jomki (New data on silting of the Krasnodar Reservoir). *Geographical Bulletin*. No. 2(61). Pp. 166–179. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-2- 166-179.
13. Pogorelov, A.V., Lipilin, D.A., Kurnosova, A.S. (2017). Sputnikovyj monitoring Krasnodarskogo vodokhranilishcha (Satellite monitoring of the Krasnodar reservoir). *Geographical Bulletin*. No. 1(40), Pp. 130–137.
14. Rules for the use of water resources of the Krasnodar reservoir. (2008), "Kuban`vodoproekt". Krasnodar, 158 p.
15. Habidov, A.Sh., Kuskovskij, V.S., Zhindarev, L.A., Hejne, D.M. et al. (1999). *Coasts of seas and inland water bodies: Current problems of geology, geomorphology and dynamics*. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 272 p.
16. Chernihovskij, D.M. (2017). Ocenka svyazej morfometricheskikh kharakteristik rel'efa s kolichestvennymi i kachestvennymi kharakteristikami lesov na osnove cifrovyykh modelej rel'efa ASTER i SRTM (Evaluation of the relationships between morphometric characteristics of the relief and quantitative and qualitative characteristics of forests based on digital elevation models ASTER and SRTM). *Siberian Forest Journal*. No. 3. Pp. 28–39. DOI: 10.15372/SJFS20170303.
17. Axelsson P. (2000), DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. ISPRS – International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. 33. P. 110–117.
18. Boyko E., Krylenko V., Krylenko M. (2015). LIDAR and airphoto technology in the study of the Black Sea accumulative coasts. *Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015)*. International Society for Optics and Photonics. V. 9535. P. 95351Q. <https://doi.org/10.1117/12.2192577>
19. Jenness J. *Topographic Position Index (TPI)*. (2006). Vol. 1.2.42 Pp. 2020.
20. Ossowski R., Przyborski M., Tysiac P. (2019), Stability assessment of coastal cliffs incorporating laser scanning technology and a numerical analysis. *Remote Sensing*. Vol. 11. Iss. 16. Art. No. 1951. DOI: 10.3390/rs11161951.
21. Ossowski R., Tysiac P. (2018). A new approach of coastal cliff monitoring using mobile laser scanning. *Polish Maritime Research*. Vol. 25. Iss. 2. Pp. 140–147. DOI: 10.2478/pomr2018-0065.
22. Pogorelov Anatoly, Laguta Andrey, Kiselev Evgeny, Lipilin Dmitry. (2021). Features of the long-term transformation of the Krasnodar reservoir, near the mouth of the Kuban River, Russia. *Journal of Geographical Sciences*. Vol. 31. Pp. 1895–1904. DOI: 10.1007/s11442-021-1928-7.
23. Weiss A.D. (2001). Topographic Positions and Landforms Analysis (Conference Poster). *21st Annual ESRI. International User Conference*. San Diego, CA, July 9–13.
24. Williams R. (2012). DEMs of difference. *Geomorphological Techniques*. British Society for Geomorphology 2(3.2). P. 1–17.
25. Wilson M.F.J., O'Connell B., Brown C., Guinan J.C., Grehan A.J. (2007). Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. *Marine Geodesy*. Iss. 30. Pp. 3–35. DOI: 10.1080/01490410701295962.

Статья поступила в редакцию: 21.06.25, одобрена после рецензирования: 24.07.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 June 2025; approved after review: 24 July 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Андрей Александрович ЛагутаВедущий инженер ООО «АГМ Системы»;
350063, Россия, Краснодар, ул. Фрунзе, 22

Information about the authors

Andrey A. LagutaLeading Engineer, AGM Systems LLC;
22, Frunze st., Krasnodar, 350000, Russiae-mail: alaguta@icloud.com**Анатолий Валерьевич Погорелов**Доктор географических наук, профессор, Кубанский
государственный университет;
350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149**Anatoly V. Pogorelov**Doctor of Geographical Sciences, Professor, Kuban
State University;
149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia;
e-mail: alaguta@icloud.com**Евгений Николаевич Киселев**Кандидат географических наук, доцент, Кубанский
государственный университет;
350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149**Evgeny N. Kiselev**Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Kuban State University;
149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia
e-mail: enkiselev@gmail.com***Вклад авторов***

Погорелов А.В. – идея, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Лагута А.А. – сбор и обработка материала, написание статьи.

Киселев Е.Н. – обработка материала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Anatoly V. Pogorelov – the idea; material processing; writing of the article; scientific editing of the text.

Andrey A. Laguta – material collection and processing; writing of the article.

Evgeny N. Kiselev – material processing.

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

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 911.5:528.8:004.94(470)

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161

EDN: ZAYBFL



**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ДОЛЬМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ
НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА
ШАПСУГСКОГО ДОЛЬМЕНА**

Татьяна Александровна Волкова¹, Арсен Ваагнович Карагян, Вера Владимировна Миненкова, Марина Викторовна Кузякина, Арсений Алексеевич Ряскин

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

¹ mist-next4@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования пространственного распространения объектов дольменной культуры на территории Краснодарского края и первого этапа работы по созданию цифрового двойника объекта культурного наследия – Шапсугского дольмена. Цель исследования: проанализировать пространственное размещение мегалитических памятников и апробировать методику создания их цифровых моделей. Методы исследования. В основу исследования положен картографический анализ, позволивший выявить пространственное распределение объектов дольменной культуры. Для этого были использованы данные из перечня выявленных объектов культурного наследия региона. Создание цифровой копии объекта культурного наследия реализовано посредством современных технологий цифрового моделирования. Ключевым методом стала фотограмметрия, обеспечивающая высокоточное воспроизведение геометрических характеристик объекта. Результатами стало то, что геопространственное исследование выявило существенные различия в плотности размещения археологических объектов, при этом максимальная концентрация памятников отмечена в пределах определенных территориальных образований: сельского поселения Возрождение, станичного поселения Пшада, городского округа Туапсе и курортного поселка Лазаревское. В результате работы впервые была построена высокоточная трехмерная модель Шапсугского дольмена. Физические размеры модели соответствуют реальным параметрам объекта: 2,5x2,5x1,6 м. Выводы. Установлено, что районы с высокой плотностью дольменов характеризуются потенциалом для развития туризма. Успешная оцифровка Шапсугского дольмена открывает перспективы для создания цифровых двойников других объектов культурного наследия. Использованная методика демонстрирует высокую эффективность цифрового моделирования объектов культурного наследия и может быть успешно масштабирована для создания виртуальных копий других исторических памятников.

Ключевые слова: цифровые копии, дольменная культура, цифровые двойники, фотограмметрия, объекты культурного наследия, 3D-моделирование, лазерное сканирование, текстурирование, полигональные модели, виртуальный туризм, культурно-историческое наследие, цифровое сохранение памятников

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/200.

Для цитирования: Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А. Пространственное распределение объектов дольменной культуры на территории Краснодарского края и создание цифрового двойника Шапсугского дольмена // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 153–161. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161 EDN: ZAYBFL

RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161

EDN: ZAYBFL

**THE SPATIAL DISTRIBUTION OF DOLMEN CULTURE SITES IN THE KRASNODAR TERRITORY
AND THE CREATION OF A DIGITAL TWIN OF THE SHAPSUG DOLMEN**

Tatiana A. Volkova¹, Arsen V. Karagyan, Vera V. Minenkova, Marina V. Kuzyakina, Arseny A. Ryaskin

Kuban State University, Krasnodar, Russia

¹ mist-next4@inbox.ru

Abstract. The article presents the results of a study on the spatial distribution of dolmen culture sites in the Krasnodar Territory as well as the first stage of work on creating a digital twin of the Shapsug Dolmen cultural heritage site.



© 2025 Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

The research aims to analyze the spatial arrangement of megalithic monuments and test the methodology for creating their digital models. Methodologically, the study is based on a cartographic analysis, performed to identify the spatial distribution of dolmen objects. For this purpose, the authors used data from the List of the identified cultural heritage sites of the region. A digital replica of the cultural heritage site was created by means of modern digital modeling technologies. Photogrammetry was a key method employed: it provides highly accurate reproduction of geometric characteristics of an object. Geospatial research revealed significant differences in the spatial density of the archaeological sites. The maximum concentration of monuments was noted within certain territorial entities: the rural settlement of Vozrozhdenie, the stanitsa settlement of Pshada, the Tuapse urban district, and the resort village of Lazarevskoye. As a result of the work, a high-precision three-dimensional model of the Shapsug Dolmen has been built. The physical dimensions of the model correspond to the real parameters of the object, measuring 2.5 m in length, 2.5 m in width, and 1.6 m in height. The study has found that areas with a high spatial density of dolmens have a potential for intensive tourism development. The successful digitization of the Shapsug Dolmen opens up prospects for creating digital twins of other cultural heritage sites. The technique used in this study demonstrates a high efficiency of digital modeling for cultural heritage sites and could be successfully applied to create virtual replicas of other historical monuments.

Keywords: digital replicas, dolmen culture, digital twins, photogrammetry, cultural heritage sites, 3D modeling, laser scanning, texturing, polygonal models, virtual tourism, cultural and historical heritage, digital preservation of monuments

Funding: the research was carried out with the financial support from the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific and innovation project No. NIP-20.1/200.

For citation: Volkova, T.A., Karagyan, A.V., Minenkova, V.V., Kuzyakina, M.V., Ryaskin, A.A. (2025) The spatial distribution of dolmen culture sites in the Krasnodar Territory and the creation of a digital twin of the Shapsug Dolmen. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 153–161. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161 EDN: ZAYBFL

Введение

В процессе развития сферы туризма и отдыха на территории региона происходит активизация процесса включения археологических объектов туристскую деятельность. Одним из сопутствующих процессов является модернизация транспортной и пешеходной инфраструктуры, обеспечивающей доступность исторических и культурных памятников, а также меняется их интеграция в общую туристическую инфраструктуру региона. Современный период цифровизации пространства диктует определенные требования для многих сфер жизни, и сфера туризма не является исключением. Основными трендами в указанной сфере является цифровизация содержания (создание цифрового информационного контента, цифровых информационных аншлагов, цифровых экскурсий), цифровизация пространства (создание цифровых копий и цифровых двойников, включение туристских пространств в систему умный город), внедрение искусственного интеллекта в процессную составляющую туризма (боты-навигаторы, умные маршруты, мультимодальность) и т.п. Краснодарский край как регион с исторически сложившейся туристской специализацией во многом остается одним из передовых регионов тестирования новых технологий в сфере туризма. При этом нельзя сказать, что на территории региона существуют проекты с четкой туристской специализацией, нацеленные на формирование единой цифровой среды туризма в регионе. Понимая сложность и многоаспектность этой работы, научный коллектив Кубанского государственного университета предпринял попытку формирования цифрового туристского пространства. В это пространство включены 15 цифровых моделей объектов туристского интереса и 5 виртуальных туров. Одним из таких объектов стал Шапсугский дольмен – одно из многих мегалитических сооружений, которое включено в перечень объектов культурного значения Краснодарского края.

Терминологическая единица «мегалит» была введена в научный лексикон в 1867 г. на основании предложения британского исследователя А. Херберта. Археологические исследования свидетельствуют, что некогда на территории Западного Кавказа функционировало порядка 1500 мегалитических сооружений типа дольменов. До нашего времени удалось сохраниться приблизительно 180 подобным конструкциям. Территориальное размещение данных археологических объектов охватывает значительную часть современной территории Краснодарского края, формируя протяженную зону от Таманского полуострова до государственной границы между Российской Федерацией и Абхазией. Часто дольмены располагаются группами недалеко друг от друга. Основной проблемой в процессе проведения исследования пространственного распространения мегалитических конструкций дольменного типа становится точность определения местоположения конкретных объектов, включенных в перечень. Описания различных объектов рознятся, определение точного местоположения объектов весьма затруднительно. При этом часть дольменов (отличающиеся доступностью) активно используется в туристской деятельности. Включение памятников археологии в активную туристско-рекреационную деятельность сопряжено с некоторыми проблемами, касающимися в первую очередь самих мегалитических сооружений. В частности, встают вопросы сохранения объектов культурно-исторического наследия, объективного информационного сопровождения.

Научный коллектив Института географии, геологии, туризма и сервиса Кубанского государственного университета работает над созданием геопортала, который будет включать достоверную информацию о расположении объектов туристского интереса и объектов культурного наследия Краснодарского края, объективное описание приведенных объектов и их цифровые модели. Исследование всего перечня дольменов, входящих в перечень

*Рекреационная география и туризм**Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.*

объектов Культурного наследия Краснодарского края, не является целью проекта, поэтому цифровая копия была создана для одного дольмена из всего перечня. При этом следует учесть, что база данных геопортала в будущем будет дополняться и расширяться, что позволит включить большее количество дольменов, а также планируется серия повторных съемок каждого объекта, что даст возможность создать цифровых двойников каждого объекта. Если говорить более подробно об указанном геопортале, следует упомянуть, что в процессе подготовки исполнителями проекта был проанализирован весь перечень объектов культурного наследия региона, из этого перечня методом критериального анализа были отобраны объекты для проведения первичной съемки и создания базовых цифровых моделей, которые послужат основой для цифровых двойников. При этом научный коллектив столкнулся с определенными сложностями в процессе оцифровки объектов, связанными с запретом запуска БПЛА. Съемка крупных, высоких объектов стала практически неосуществимой, и ее результаты не позволяли корректно «собрать» модель объекта.

Первые цифровые двойники объектов культурного наследия появились относительно недавно. Активизация этого процесса способствовало развитие технологий лазерного сканирования и трехмерного моделирования. Эти инновационные подходы обеспечивают возможность формирования высокоточных виртуальных двойников физических объектов, открывая перспективы для их консервации и восстановления. Ожидается, что цифровые аналоги будут все шире использоваться в сфере охраны культурного достояния в ближайшие годы. За последние пять лет технологии создания цифровых двойников стремительно проникли в культурную и археологическую сферы. Цифровые дубликаты объектов культурного наследия играют значимую роль в процессе сохранения и реставрации исторических объектов [9]. В развитии туризма цифровые двойники также играют значительную роль, предоставляя туристам возможность виртуально посетить и изучить исторические места, что способствует увеличению интереса к культурному наследию и развитию туристической индустрии. Создание цифровых двойников для объектов туристского интереса способствует повышению привлекательности территории, предоставляя туристам возможность виртуального посещения и изучения исторических мест, помогает в планировании реставрационных работ и обеспечивает доступ к культурному наследию для широкой аудитории. Интеграция цифровых двойников в виртуальные туры помогает в продвижении туристских дестинаций в целом и отдельных туристских маршрутов в частности. Эти технологии позволяют туристам виртуально посещать и изучать исторические места, что способствует увеличению интереса к культурному наследию и развитию туристической индустрии [1].

Следует еще раз обратить внимание, что на данном этапе работы была создана первая так называемая «базовая» цифровая модель Шапсугского дольмена. Для того чтобы цифровая модель объекта стала цифровым двойником объекта, предусмотрено проведение серии съемок, что поможет в будущем собрать достаточное количество данных, чтобы определить динамику изменений.

Исследование объектов дольменной культуры Кавказа с помощью фотограмметрических методов демонстрирует определенную перспективность, что обусловлено оптимальными характеристиками данных памятников для проведения съемочных работ [17].

В современной археологической практике происходит существенная трансформация подходов к документированию историко-археологических объектов. Если ранее доминировали контактные методы фиксации, которые, несмотря на длительную историю применения (начиная с 1920-х гг.), характеризовались существенным недостатком – непосредственным воздействием на поверхность исследуемых объектов, что создавало риск их повреждения [8]. Среди современных методов особое место занимают фотофиксация, фотограмметрия, лазерное сканирование, демонстрирующие высокую эффективность при минимальном воздействии на объект исследования [13]. Фотограмметрический метод обладает рядом существенных преимуществ при полевых исследованиях: автономностью относительно системы освещения, доступностью необходимого оборудования, простотой освоения технологии, возможностью выявления дополнительных деталей при 3D-моделировании. При этом важно отметить, что при соблюдении определенных условий качество получаемых 3D-моделей достигает уровня лазерного сканирования. Особую перспективу представляет применение данной методики для документирования петроглифов, хотя стандартизация процесса все еще находится в стадии разработки, что создает пространство для экспериментальных исследований и оптимизации технологических решений [5].

Материалы и методы

На подготовительном этапе был проанализирован перечень объектов культурного наследия Краснодарского края, из этого перечня методом критериального анализа были отобраны объекты, представляющие, с одной стороны, наибольший интерес для туристов, с другой стороны – являющиеся наиболее известными (имеющие перспективу стать известными) объектами. В процессе отбора использовались четыре критерия: архитектурная, инженерная ценность объекта, историческая, религиозная значимость, состояние сохранности и связь с историческими личностями, событиями, личностями. Дольмены активно используются в туристско-экскурсионной деятельности, поэтому было принято решение о создании цифрового двойника дольмена. Был проведен картографический анализ территориального расположения объектов дольменной культуры в пределах Краснодарского края. С целью выбора объекта для оцифровки, с учетом целей создания геопортала (продвижение туристско-рекреационного потенциала Краснодарского края), в процессе исследования дольмены были проанализированы

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

по критериям доступности для туристов, известности и используемости в процессе организации туристско-рекреационной деятельности. Для исследования был выбран Шапсугский дольмен, находящийся в 500 м южнее станицы Шапсугской Абинского района Краснодарского края. Указанный дольмен входит в перечень объектов культурного наследия Краснодарского края.

Первым шагом к созданию цифрового двойника является полевое исследование и первичная съемка объекта (создание цифровой копии объекта). Съемка объекта проводилась методом фотограмметрии. Фотограмметрия (или фотомоделирование) – это технология, благодаря которой трехмерная цифровая поверхность может быть восстановлена из серии фотографий. Она часто используется для создания высокоточных трехмерных моделей объектов реального мира, например объектов культурного наследия. Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры, пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объем, различные сечения на момент съемки и изменения этих величин через заданный интервал времени [3, 11, 15, 20].

Трехмерные модели – цифровые копии различных объектов – создаются на основе фотографий, снятых специальным методом с использованием фотограмметрии. Такие модели можно масштабировать до реальных размеров и координат, что приводит к детальному отображению оригинального объекта. Для создания моделей используется специальное программное обеспечение, например Agisoft Metashape, которое было применено для создания цифровой копии Шапсугского Дольмена [19, 22].

Методика формирования трехмерных моделей объектов базируется на последовательной реализации нескольких технологических стадий.

Начальный этап предполагает осуществление процедуры фотограмметрической калибровки посредством метода свободных станций, что подразумевает выполнение блочной триангуляции на основе фотоснимков.

В ходе данного этапа осуществляется идентификация характерных точек изображений, что обеспечивает возможность определения метрических характеристик фотограмметрических съемочных комплексов. В частности, производится экстракция параметров внутренней и внешней ориентации съемочной аппаратуры, включая пространственную локализацию, фокусное расстояние объектива и коэффициенты радиальной дисторсии [2, 14, 16].

Результатом первичной обработки является генерация трехмерного массива точечных координат, формирующего предварительное дискретное представление объекта, а также получение матрицы параметров позиционирования съемочной системы, которые подлежат дальнейшему использованию в процессе последующей обработки данных.

На втором этапе рассчитывается плотное облако трехмерных точек [12, 21], которые описывают объект и его окружение. Затем, используя данные, полученные на первом этапе, выполняется построение полигональной трехмерной модели.

Данный процесс позволяет с высокой точностью воспроизводить объекты, достигая значительной степени детализации и реализма, что делает его основополагающим этапом при разработке высококачественных трехмерных моделей. Дополнительно к этому для модели может быть разработана текстура, обеспечивающая фотографически точную передачу изображаемого объекта. Это дает возможность придать модели естественную и детализированную внешность, что имеет особое значение для целей визуализации и анимации.

Создание текстуры включает фотографирование реальных объектов или рисование вручную, что позволяет точно воспроизвести уникальные детали и текстуры. Результаты данного процесса могут быть экспортованы в различные форматы и интегрированы в геоинформационные системы, применены в качестве документальной базы культурного наследия, использованы для создания визуальных эффектов, а также для выполнения косвенных измерений объектов разного масштаба. Это делает их универсальными и применимыми в широком спектре областей – от научных исследований до индустрии развлечений [6].

Объекты культурного наследия изучаются в условиях реальных измерений пропорций для дальнейшей увязки этих данных с моделью. После определения размерных параметров объекта производится ее фотосъемка. Важно отметить, что съемка должна охватить весь объект целиком со всех сторон. Каждый кадр должен иметь не менее 30 % наложения и перекрытия с «соседними» кадрами. Расстояние до объекта играет немаловажную роль. В зависимости от фокусного расстояния оборудования и расстояния до объекта модель может иметь ту или иную детализацию. Как правило, расстояние до объекта относительно съемочного оборудования не должно занимать менее половины вертикального и горизонтального максимума габаритов объекта измерения (2 м). Расстояние до объекта было выбрано в размере удвоенного вертикального максимума объекта, что позволило получить высокую степень охвата сцены. В дальнейшем этот параметр уменьшился вдвое с повторным проведением съемки. Таким образом были получены исходные данные для сбора цифровой модели [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Картографический анализ показал, что концентрация дольменов возрастает на территории следующих административно-территориальных единиц Краснодарского края: сельское поселение Возрождение, станичное поселение Пшада, городской округ Туапсе и курортный поселок Лазаревское, территориально расположенные в приморской зоне Черноморского побережья (рис. 1). Эти территории характеризуются высокой активностью туристско-рекреационной деятельности, и посещение дольменов часто включается в экскурсионные программы.

Рекреационная география и туризм
 Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.Б., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

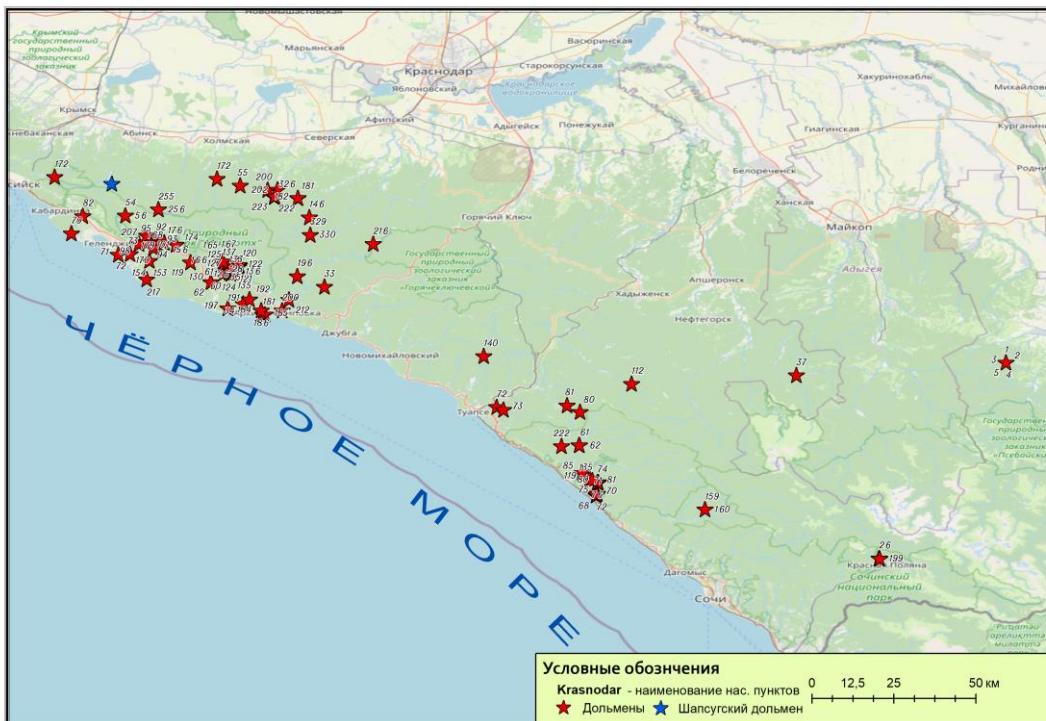


Рис. 1. Расположение дольменов, пользующихся наибольшей популярностью в туристской деятельности на территории Краснодарского края (составлено на основании данных из Перечня выявленных объектов культурного наследия Краснодарского края Управления государственной охраны объектов культурного наследия)
 Fig. 1. The location of dolmens that are popular among tourists in the Krasnodar Territory (compiled on the basis of data from the List of identified cultural heritage sites of the Krasnodar Territory prepared by the Department of State Protection of Cultural Heritage Sites)

Шапсугский дольмен, выбранный в качестве объекта оцифровки, как уже упоминалось ранее, входит в перечень объектов культурного наследия Краснодарского края.

Шапсугские дольмены активно посещаются туристами и по праву могут быть названы самыми популярными объектами Абинского района Краснодарского края. Итогом полевого выезда к Шапсугскому дольмену стали 300 кадров объекта съемки. Следующим этапом работ стала обработка снимков исследуемого объекта в выбранном программном обеспечении, а именно Agisoft Metashape. Для построения модели предполагалось использовать около 100 снимков, но для надежности создания максимально детализированной модели количество было увеличено до 300 кадров. В результате обработки были получены разреженное облако общих точек и следующие параметры камер: положение, ориентация, внутренняя геометрия (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.д.) (рис. 2).

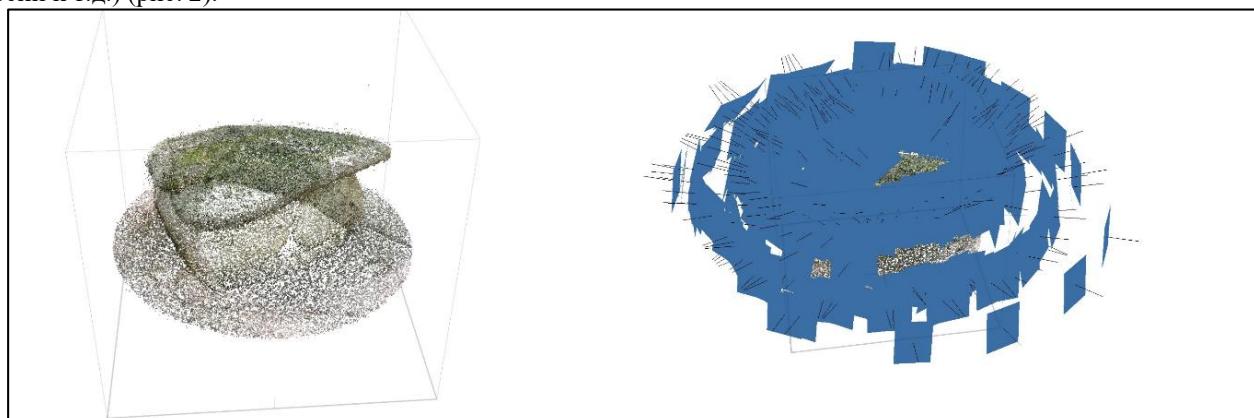


Рис. 2. Разреженное облако точек и данные камер
 Fig. 2. Sparse point cloud and camera data

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

На основе полученного разреженного облака общих точек была создана полигональная трехмерная модель исследуемого объекта. В зависимости от размеров и детальности объектов, число полигонов может достигать 10 млн. Инструментарий Agisoft Metashape позволяет упрощать такие модели без существенной потери качества. Модель, состоящая из 10 млн полигонов, была упрощена до 130 тыс.

Это значительно упрощает дальнейшие использование модели в различных целях, так как уменьшение количества полигонов значительно уменьшает объем данных, занимаемый экспортруемой моделью [10, 18].

На завершающем этапе создания цифровой копии (которая в будущем послужит основой цифрового двойника) была создана текстура для реалистичного отображения объекта и определены его геометрические параметры (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Параметры модели объекта культурного наследия «Шапсугский дольмен»

Model parameters of the Shapsug Dolmen cultural heritage site

Параметр	Значение
Количество полигонов	129500
Количество вершин	65123
Цвета вершин	3 канала, uint8
Текстура	8192x8192, 4 канала, uint8
Качество	Очень высокое
Фильтрация карт глубины	Умеренная
Объем данных, Мб	110
Высота, м	1,6
Длина, м	2,5
Ширина, м	2,5

В результате получена полностью готовая трехмерная текстурированная модель объекта (рис. 3).

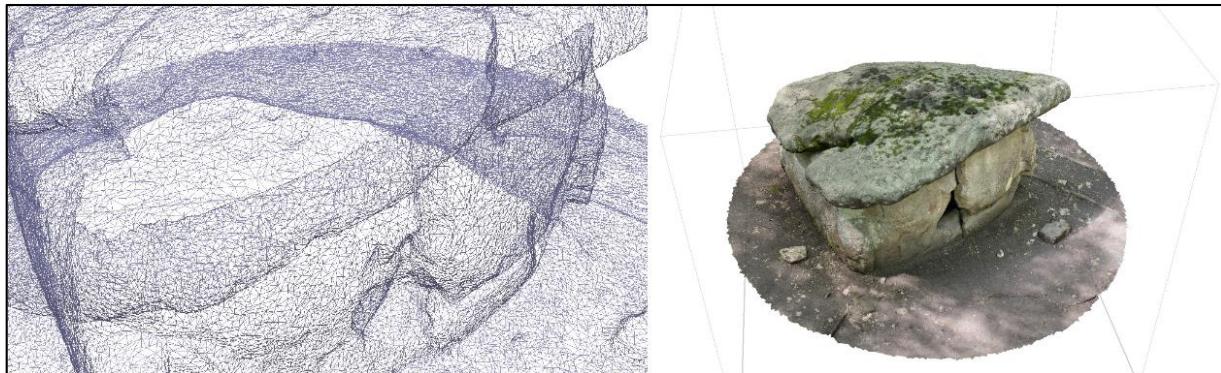


Рис. 3. Сетка полигонов и текстурированная модель
Fig. 3. Polygon mesh and the textured model

Полученная модель занимает 110 Мб и пригодна для дальнейшего использования в следующих целях:

- мониторинг и анализ состояния объекта в динамике с целью принятия оперативных решений для сохранения и восстановления;
- включение в программы маршрутов для целей виртуального туризма;
- создание комплексных интерактивных информационных ресурсов (карты, атласы и т.п.), позволяющих туристам познакомиться с культурно-историческим рекреационным потенциалом территории и принять решение о совершении путешествия с целью посещения объекта;
- с одной стороны, развитие научного туризма как активности, направленной на совмещение путешествий с исследовательской, познавательной и образовательной деятельностью, с другой – проведение сравнительного анализа объектов одной группы в научных целях;
- продвижение, позиционирование объекта (кроме привлечения внимания к самому объекту через его познание, потребительский интерес вызывает инновационная технология его презентации);
- в случае невозможности посещения объекта (например, людьми с ограниченными возможностями здоровья) цифровые двойники такую возможность обеспечивают виртуально;
- обучение и тренировка экскурсоводов для работы на объекте.

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

Заключение

Результаты проведенного картографического исследования выявили определенную закономерность в распределении мегалитических памятников на территории Краснодарского края. Наибольшая плотность расположения дольменов наблюдается в прибрежной зоне Черноморского побережья, охватывая ряд значимых территориальных образований региона. К таким территориям относятся поселение Возрождение, станица Пшада, городской округ Туапсе и популярный курортный район Лазаревское. Примечательно, что все эти административные единицы располагаются в непосредственной близости к морю, что во многом определяет их современное социально-экономическое развитие. Особую значимость приобретает тот факт, что исследуемые территории активно используются в туристско-рекреационной сфере. Мегалитические памятники, в том числе и Шапсугский дольмен, являющийся объектом культурного наследия регионального значения, стали неотъемлемой частью экскурсионных маршрутов и привлекают внимание значительного количества туристов.

Цифровой двойник объекта культурного наследия, как и других объектов, может быть создан с применением фотограмметрии и (или) методик лазерного сканирования. Это требует большого объема данных для высокой точности и детализации. При этом следует учитывать, что для создания полноценного цифрового двойника объекта всегда требуется серия интенсивных съемок в течение определенных временных промежутков. В результате проделанной работы впервые была создана цифровая модель Шапсугского дольмена, которая может служить основой для создания цифрового двойника объекта.

При создании моделей культурных объектов важно учитывать не только геометрическую точность, но и текстурирование, которое отвечает за фотoreалистичное представление. Этот процесс требует высокой вычислительной мощности, поскольку современные текстурированные модели могут достигать гигабайтного объема данных. Для оптимизации применяются алгоритмы редукции полигонов, как, например, в Agisoft Metashape, что позволяет сохранить качество при уменьшении размеров моделей.

Библиографический список

1. Абдуллина У.В., Исмакаева И.Д., Яркова В.В. 3D-моделирование и виртуальные исторические реконструкции как средство сохранения и популяризации культурного наследия: сотрудничество школы и вуза // Пятая зимняя школа по гуманитарной информатике. 2021. С. 141–142. EDN: HSSILO
2. Абрамович А.Ю., Шумейко И.П., Лушина В.С., Сикорская Я.Е. Опыт фиксации оползневой поверхности с применением метода фотограмметрии // Наукосфера. 2022. № 7–2. С. 70–76. DOI: 10.5281/zenodo.6758717 EDN: DUJLXN
3. Булавицкий В.Ф., Жукова Н.В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. 113 с.
4. Валганов С.В., Степченков В.С. Опыт эффективной фотограмметрии дольменов Кавказа в условиях максимально ограниченных ресурсов // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия Естественные и инженерные науки. 2019. № 1 (42). С. 48–67. EDN: EOADFG
5. Глазов К.А., Кудин М.И., Кизилов А.С. Барельефные изображения на дольмене группы Капибре-1 в окрестностях Большого Сочи // История, археология и этнография Кавказа. 2024. Т. 20, № 2. С. 342–353. DOI: 10.32653/CH202342-353 EDN: HENNMG
6. Голиков В.И., Зинкевич А.В., Резниченко М.К., Ржениева А.С. Особенности построения 3D-моделей из изображений для реализации цифрового двойника помещений // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2022. С. 59–63. EDN: OILGRC
7. Гура Д.А. Дьяченко Р.А., Дражецик Д.А. Методика получения пространственных данных при помощи методов дистанционного зондирования земли // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. 2023. С. 143–145. EDN: CUNBDI
8. Дэвлет М.А. О методике полевого изучения наскальных изображений // Краткие сообщения Института археологии. 1990. Вып. 202. С. 83–89. EDN: TLHSWR
9. Карагян А.В., Волкова Т.А., Миненкова В.В. Создание трехмерных моделей – цифровых двойников объектов культурно-исторического наследия краснодарского края // Передовые исследования Кубани. Кубанский научный фонд, 2024. С. 47–49. EDN: QZAKMU
10. Карнаушенко А.Д. Казеннова Л.К., Карнаушенко Э.Н. Опыт фотограмметрической экспресс-фиксации Пещерной церкви Северного монастыря Мангупа и выбор оптимального алгоритма построения 3D-модели в Agisoft Metashape 2 // Byzantinotaurica: византийская история и археология северного причерноморья (серия: Новая византийская библиотека. Byzantinotaurica). 2023. С. 59–61. EDN: NCQTIK
11. Козин Е.В., Карманов А.Г., Карманова Н.А. Фотограмметрия. СПб: Университет ИТМО, 2019. 142 с. EDN: WDSKNK
12. Коркина Е.А. Сафин А.Р. БПЛА-съемка почвенного покрова в условиях темнохвойной тайги // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования каф. почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В.С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г., Белорус. гос. ун-т. / гл. ред. А.Н. Червань. Минск: БГУ, 2023. С. 374–379.
13. Лобода А.Ю., Трифонов В.А., Шишилина Н.И., Хвостиков В.А. Крюк с изображением сцены кулачного поединка из дольмена Майкопской культуры, станица Царская, Северо-Западный Кавказ // Краткие сообщения Института археологии. 2018. Вып. 251. С. 25–42. EDN: VDSKNC
14. Мамажасыпова Г.Т., Байышбек Кызы Г. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D-моделей местности // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10, № 5. С. 134–139. DOI: 10.33619/2414-2948/102/17 EDN: DTKRTR
15. Рахматуллин Т.Р. Возможности использования дронов и метода фотограмметрии при моделировании труднодоступных участков геологических обнажений // Новые технологии в газовой промышленности: газ, нефть, энергетика: XIV Всероссийская конференция молодых ученых, специалистов и студентов: тезисы докладов, Москва, 14–18 ноября 2022 года. М.: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2022. С. 412–413.

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.Б., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

16. Солдатов В.О., Солдатова Е.А. Применение фотограмметрии при изготовлении систем судовой вентиляции // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 133–138. EDN: BLGJQM
17. Степченков В.С., Валганов С.В. Опыт эффективной фотограмметрии дольменов Кавказа в условиях максимально ограниченных ресурсов // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия Естественные и инженерные науки. 2019. № 1 (42). С. 48–67. EDN: EOADFG
18. Торопов И.С. Оценка точности создания модели местности на основе аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата с помощью agisoft metashape // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2020. С. 195–198. EDN: UPZGTD
19. Харькова Ю.С. Анализ программного продукта Agisoft Metashape // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук. 2022. С. 275–276. EDN: ERTBVPY
20. Чубуничев А.Г. Фотограмметрия: учебник для вузов. М.: Изд-во МИИГАиК, 2022. 328 с.
21. Шершидская Ю.С. Применение 3D-моделей в науках о Земле на примере создания 3D каталога осадочных горных пород в рамках учебного курса «Литология» // Молодые – Наукам о Земле: тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. 2022. С. 267–271. EDN: DLUURS
22. Юзефович Ф.П., Топаз А.А. Построение трехмерной модели культурно-исторического объекта «дворец Чапских» на основе данных аэрофотосъемки // Гис-технологии в науках о земле. 2021. С. 208–211. EDN: XVXWLG

References

1. Abdullina, U.V., Ismakaeva, I.D., & Yarkova, V.V. (2021). 3D modeling and virtual historical reconstructions as a means of preserving and popularizing cultural heritage: cooperation between school and university. *Fifth Winter School on Humanitarian Informatics*, Pp. 141–142.
2. Abramovich, A.Yu., Shumeiko, I.P., Lushina, V.S., & Sikorskaya, Ya.E. (2022). Experience in fixing landslide surface using photogrammetry method. *Naukosfera*, No. 7-2, Pp. 70–76. DOI: 10.5281/zenodo.6758717
3. Bulavitsky, V.F., & Zhukova, N.V. (2016). *Photogrammetry and remote sensing of the territory: textbook*. Khabarovsk: Pacific State University Publishing House, 113 p.
4. Valganov, S.V., & Stepchenkov, V.S. (2019). Experience in effective photogrammetry of Caucasus dolmens under conditions of maximum resource constraints. *Bulletin of the International University of Nature, Society and Human "Dubna", Series: Natural and Engineering Sciences*, No. 1(42), Pp. 48–67.
5. Glazov, K.A., Kudin, M.I., & Kizilov, A.S. (2024). Bas-relief images on the dolmen of the Kapibga-1 group in the vicinity of Greater Sochi. *History, Archeology and Ethnography of the Caucasus*. Vol. 20, No. 2, Pp. 342–353. DOI: 10.32653/CH202342-353
6. Golikov, V.I., Zinkevich, A.V., Reznichenko, M.K., & Rzheneva, A.S. (2022). Features of constructing 3D models from images for implementing a digital twin of premises. *Bulletin of Pacific State University*, Pp. 59–63.
7. Gura, D.A., Dyachenko, R.A., & Drazhetsky, D.A. (2023). Methodology for obtaining spatial data using remote sensing methods. *Modern problems and prospects for the development of land and property relations*, Pp. 143–145.
8. Devlet, M.A. (1990). On the methodology of field study of rock paintings. *Brief Communications of the Institute of Archeology*. Is.202. Pp. 83–89.
9. Karagyan, A.V., Volkova, T.A., & Minenkova, V.V. (2023). Creating three-dimensional models - digital twins of cultural and historical heritage objects in the Krasnodar Krai. *Advanced Research in Kuban*. Kuban Scientific Foundation. Pp. 47–49.
10. Karnaushhenko, A.D., Kazennova, L.K., & Karnaushhenko, E.N. (2023). Experience in photogrammetric express fixation of the Cave Church of the Northern Monastery of Mangup and the choice of the optimal algorithm for constructing a 3D model in Agisoft Metashape 2. *Byzantinotaurica: Byzantine history and archaeology of the Northern Black Sea region*. Pp. 59–61.
11. Kozin, E.V., Karmanov, A.G., & Karmanova, N.A. (2019). *Photogrammetry*. St. Petersburg: ITMO University, 142 p.
12. Korkina, E.A., & Safin, A.R. (2023). UAV survey of soil cover in conditions of dark coniferous taiga. *Soil and Land Resources: Traditional and Innovative Approaches to Study and Management*, Pp. 374–379.
13. Loboda, A.Yu., Trifonov, V.A., Shishlina, N.I., & Hvostikov, V.A. (2018). Hook with an image of a fist fight scene from the Maikop culture dolmen, Tsarskaya stanitsa, North-Western Caucasus. *Brief Communications of the Institute of Archaeology*. Iss. 251. Pp. 25–42.
14. Mamazhakypova, G.T., & Baiyshbek Kyzy, G. (2024). Joint processing of aerospace and ground survey materials for creating 3D terrain models. *Bulletin of Science and Practice*. Vol. 10. No. 5. Pp. 134–139.
15. Rakhatmullin, T.R. (2022). Possibilities of using drones and photogrammetry method in modeling hard-to-reach areas of geological exposures. *New Technologies in the Gas Industry: Gas, Oil, Energy*: XIV All-Russian Conference of Young Scientists, Specialists and Students, Moscow, November 14–18, 2022. Moscow: Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin. Pp. 412–413.
16. Soldatov, V.O., & Soldatova, E.A. (2021). Application of photogrammetry in the manufacture of ship ventilation systems. *Actual Issues of Innovative Development of the Arctic Region of the Russian Federation*: Collection of Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Pp. 133–138.
17. Stepchenkov, V.S., & Valganov, S.V. (2019). Experience in effective photogrammetry of Caucasus dolmens under conditions of maximum resource constraints. *Bulletin of the International University of Nature, Society and Human "Dubna", Series: Natural and Engineering Sciences*. No. 1(42), Pp. 48–67.
18. Торопов, И.С. (2020). Accuracy assessment of creating a terrain model based on aerial photography with an unmanned aerial vehicle using Agisoft Metashape. *Problems of Development of Hydrocarbon and Ore Mineral Deposits*. Pp. 195–198.
19. Kharikova, Y.S. (2022). Analysis of the Agisoft Metashape software product. *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences*. Pp. 275–276.
20. Chibunichev, A.G. (2022). *Photogrammetry: textbook for universities*. Moscow: MIIGAiK Publishing House, 328 p.
21. Shershidskaya, Y.S. (2022). Application of 3D models in Earth sciences on the example of creating a 3D catalog of sedimentary rocks within the course "Lithology". *Young - to Earth Sciences: Abstracts of the X International Scientific Conference of Young Scientists*. Pp. 267–271.
22. Юзефович, Ф.П., & Топаз, А.А. (2021). Construction of a three-dimensional model of the cultural and historical object "Chapsky Palace" based on aerial photography data. *GIS Technologies in Earth Sciences*. Pp. 208–211.

*Рекреационная география и туризм***Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.**

Статья поступила в редакцию: 21.05.25, одобрена после рецензирования: 01.12.25, принятa к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 May 2025; approved after review: 1 December 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Татьяна Александровна Волкова

кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры международного туризма и менеджмента Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: mist-next4@inbox.ru

Арсен Ваагнович Карагян

Аспирант кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: karagyan.arsen@yandex.ru

Вера Владимировна Миненкова

кандидат географических наук, заведующая кафедрой экономической, социальной и политической географии, Институт географии, геологии, туризма и сервиса, Кубанский государственный университет; 350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: minenkova@inbox.ru

Марина Викторовна Кузякина

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры геоинформатики Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: MarinaVkuzyakina@gmail.com

Арсений Алексеевич Ряскин

студент направления «Картография и геоинформатика», Кубанский государственный университет; 350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: arseniy.Ryaskin@yandex.ru

Information about the authors

Tatiana A. Volkova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of International Tourism and Management, Kuban State University;

149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: mist-next4@inbox.ru

Arsen V. Karagyan

Postgraduate Student, Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, Kuban State University;

149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: karagyan.arsen@yandex.ru

Vera V. Minenкова

Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Economic, Social, and Political Geography, Institute of Geography, Geology, Tourism, and Service, Kuban State University;

149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: minenkova@inbox.ru

Marina V. Kuzyakina

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Geoinformatics, Kuban State University;

149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: MarinaVkuzyakina@gmail.com

Arseny A. Ryaskin

Student, ‘Cartography and Geoinformatics’ field of study, Kuban State University;

149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

Вклад авторов

Волкова Т.А. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Карагян А.В. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Миненкова В.В. – анализ данных, написание статьи, научное редактирование текста.

Кузякина М.В. – обработка материала, анализ данных, написание статьи.

Ряскин А.А. – обработка материала, анализ данных, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Tatiana A. Volkova – the idea; material collection and processing; writing of the article.

Arsen V. Karagyan – the idea; material collection and processing; writing of the article.

Vera V. Minenкова – data analysis; writing of the article; scientific editing of the text.

Marina V. Kuzyakina – material processing; data analysis; writing of the article.

Arseny A. Ryaskin – material processing; data analysis; writing of the article.

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

Рекреационная география и туризм

Смольянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Научная статья

УДК 910

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-162-177

EDN: ZTDHRT



СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УНИКАЛЬНЫХ ВПЕЧАТЛЕНИЙ АМЕРИКАНСКИХ ТУРИСТОВ О МЕМОРИАЛЕ ЛИНКОЛЬНУ В ДОКОВИДНЫЙ И ПОСТКОВИДНЫЙ ПЕРИОДЫ

Елена Анатольевна Смольянина¹, Инна Сергеевна Морозова², Нина Викторовна Харитонова³

^{1, 2} Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» – Пермь, г. Пермь, Россия

³ Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹ easmolianina@hse.ru, Scopus Author ID: 57196357987, ORCID: 0000-0002-8256-1076, Researcher ID: L-6180-2015, SPIN-код: 7841-7810

² imorozova@hse.ru

³ kharitonovaninaviktorovna@mail.ru, SPIN-код: 6448-7203

Аннотация. Уникальное туристское впечатление является одним из главных компонентов туристской деятельности. Однако в отечественной и западной науке оно не изучено. Это обусловило цель данного исследования – выявить особенности уникальных впечатлений в онлайн- отзывах американских туристов о мемориале Линкольну в доковидный и постковидный периоды на туристическом сайте TripAdvisor. В основе используемой методологии лежит идея репрезентации уникальных впечатлений в единичных словах. Использование кванти тативных методов – частотного анализа, векторизации, анализа тональности – позволило определить единичные слова в онлайн- отзывах, написанных на английском языке, выявить их семантическую близость и сгруппировать впечатления по параметру положительного и отрицательного отношения. Квалитативные методы – морфологический, дефиниционный анализ, метод семантического моделирования, контент-анализ, сравнительный анализ лексики – дали возможность выявить части речи, основные компоненты значения единичных слов, объединить значения в понятийные категории, определить общие и различные темы впечатлений, а также сравнивать их.

Анализ уникальных впечатлений американских туристов о мемориале Линкольну показал, что положительные впечатления превалировали над отрицательными до и после пандемии. Положительные впечатления в оба периода связаны со значимостью для туристов фигуры Авраама Линкольна как личности и президента. Общие отрицательные впечатления отражают негативное отношение посетителей к туристам и погоде. До пандемии объекты рекреации представляли особую ценность для туристов, в то время как после пандемии туристы приписывали первостепенное значение возможности использовать транспортные средства и испытывать разнообразные чувства при восприятии мемориала. Это свидетельствует о том, что фокус в туристской картине мира американских туристов сместился с туристского объекта на размышления о нем. Полученные в исследовании результаты могут быть полезными географам, культурологам, лингвистам, социологам.

Ключевые слова: уникальные впечатления, онлайн отзывы, мемориал Линкольну, векторизация, анализ тональности

Для цитирования: Смольянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В. Сопоставительный анализ уникальных впечатлений американских туристов о мемориале Линкольну в доковидный и постковидный периоды // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 162–177. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-162-177
EDN: ZTDHRT

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-162-177

EDN: ZTDHRT

COMPARATIVE ANALYSIS OF AMERICAN TOURISTS' UNIQUE EXPERIENCES FROM LINCOLN MEMORIAL IN PRE-COVID AND POST-COVID YEARS

Elena A. Smolianina¹, Irina S. Morozova², Nina V. Kharitonova³

^{1, 2} HSE University, Perm, Russia

³ Perm State University, Perm, Russia

¹ easmolianina@hse.ru, Scopus Author ID: 57196357987, ORCID: 0000-0002-8256-1076, Researcher ID: L-6180-2015, SPIN-код: 7841-7810

² imorozova@hse.ru

³ kharitonovaninaviktorovna@mail.ru, SPIN-код: 6448-7203



© 2025 Смольянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В., Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Abstract. The unique tourist experience is one of the main components of tourism activity. However, it is not studied in Russian and Western science. This determined the purpose of the study, that is to identify the characteristics of unique American tourists' experiences in online reviews about the Lincoln Memorial on the travel site TripAdvisor in the pre-COVID and post-COVID periods. The methodology is based on the idea that unique tourist experiences are expressed in single words. The quantitative methods – frequency analysis, vectorization, and sentiment analysis – were used to identify single words in online reviews written in English, analyse their semantic proximity and group experiences into positive and negative. The qualitative methods – morphological, definitional analyses, semantic modelling, content-analysis, and comparative analysis were employed to identify parts of speech and the main constituents of single words meanings, categorize them, identify common and different themes in experiences, and compare them.

Analysis of the unique tourism experiences about the Lincoln Memorial shared by American tourists online showed that positive experiences prevailed over negative ones before and after the pandemic. In both periods positive experiences are explained by the importance of Abraham Lincoln's figure as a person and president to tourists. Shared negative experiences show visitors' negative attitudes toward tourists and the weather. Before the pandemic, recreational facilities were of great value to tourists, whereas after the pandemic, opportunity to use transportation and experience various feelings about the attraction were of significance to tourists. This shows that there was a shift in American tourists' individual views from perception of the attraction to reflection on it. The results obtained in the study can be useful for geographers, culturologists, linguists, and sociologists.

Keywords: unique tourism experiences, online tourist reviews, Lincoln Memorial, vector model, sentiment analysis

For citation: Smolianina, E.A., Morozova, I.S., Kharitonova, N.V. (2025) Comparative analysis of American tourists' unique experiences from Lincoln memorial in pre-COVID and post-COVID years. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 162–177. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-162-177 EDN: ZTDHRT

Введение

Подчиняясь таким мощным эффектам пандемии COVID-19, как «цифровизация» общественной жизни и, соответственно, виртуализация бытия» [7, с. 131], большая часть коммуникации в сфере туризма сегодня приходится на Интернет в форме онлайн-отзывов туристов, которые делятся своими впечатлениями о туристских объектах и услугах. Ценность онлайн-отзывов туристов заключается в том, что они содержат не только общую информацию, которую можно найти в туристических изданиях, но и уникальную, встречающуюся единично в отдельных отзывах и отражающую индивидуальные особенности восприятия путешественниками различных туристских объектов, например знаменитого мемориала Линкольну. Поскольку аттракций тысячи, то ценностный аспект их восприятия в отзывах особого жизненного периода общества, каким была пандемия, более точно прослеживается на примере наиболее знаменитых туристских объектов, каким является мемориал Линкольну в Северной Америке.

Этот мемориальный комплекс был построен в честь шестнадцатого президента США в центре Вашингтона. Американские граждане решили увековечить вклад А. Линкольна в историю США спустя 49 лет после окончания Гражданской войны 1861–1865 гг., в которой президент Линкольн был одной из главных фигур. Мемориал Линкольну является всемирным символом честности, свободы и равенства всех людей независимо от расы, пола, вероисповедания, образования. По данным туристического сайта TripAdvisor, он занимал второе место по популярности среди туристов (после Национального мемориала и музея 11 сентября, построенного в 2011 г.). Однако с января 2020 г., после официального объявления пандемии COVID-19 в США, туристский поток к мемориалу значительно сократился из-за закрытия международного туризма. Как отмечают А.И. Зырянов, М.О. Балабан, Г.А. Зырянов [9], эта мера была призвана быстро изменить ситуацию с эпидемией в лучшую сторону, так как именно дестинации и центры мировой туристской системы оказались наиболее восприимчивы к диффузии вируса. Вследствие этого туризм не только стал одной из причин распространения пандемии, но также проявил себя самой чувствительной отраслью [8]. С первых месяцев стало понятно, что COVID-19 кардинально изменит не только пространственную и структурную организации туризма, но и приведет к изменениям в его содержательной стороне: «общество более поворачивается с интересом к своей стране» [9, с. 16]. Менее востребованными стали виды туризма, связанные с пребыванием большой массы людей в одном месте, включая музейную и экскурсионную деятельность [9]. Вероятно, эпидемиологические риски, обусловленные скученностью, привели к снижению внутреннего туристского потока к мемориалу Линкольну, зафиксированному TripAdvisor в 2023 г.

Таким образом, пандемия коронавируса смогла «самым серьезным образом «прроверить» социум (включая туризм – добавлено нами), его пространственные структуры на «прочность» [7, с. 129], вызвав интерес к произошедшим переменам.

Как отмечает А.Г. Дружинин, «неумолимо разворачивающиеся метаморфозы» откроют «еще больший простор к конструированию (в том числе искажению, мифологизации) географической картины мира, к манипулированию образами регионов» [7, с. 31]. Конструирование образов туристских аттракций наглядно проявляется в словах, выражаяющих полученные впечатления людей об объектах и местах посещения, а также мотивы желания поделиться ими в интернет- отзывах. Места посещения неразрывно связаны и мотивированы впечатлениями,

*Рекреационная география и туризм**Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.*

полученными от туристских объектов. Современный турист сохраняет и делится своими впечатлениями с другими людьми в интернет-отзывах. Изучение лингвистической стороны онлайн-отзывов туристов предлагает актуальную и важную информацию о конструировании образа аттракции на основе личных впечатлений и косвенно отражает существенные изменения в туристской картине мира.

Формирование образа туристского объекта опирается на восприятие его материальных (фактических) и нематериальных (приписываемые человеком) характеристик [35]. Результатом такого восприятия становится впечатление как совокупность воспоминаний, окрашенных эмоциями [33]. Впечатление как совокупность воспоминаний путешествующих, окрашенных эмоциями [33], является одним из основных понятий туризма, однако в современных отечественных исследованиях, посвященных туризму, очень мало работ о впечатлениях в целом, об их разновидностях в частности, а также отсутствуют научные труды о презентации впечатлений туристов в онлайн- отзывах. Отечественные ученые на основе работы Дж. Б. Пайна и Дж. Х. Гилмора «Экономика впечатлений. Работа – театр, а каждый бизнес – сцена» (1999) изучают связь между впечатлениями туриста и экономическим эффектом от туристской деятельности [14]. Исследователи полагают, что туристское впечатление возникает в ситуации наличия материального компонента в виде традиционной туристской инфраструктуры и нематериального компонента – туристской легенды и/или истории [3, 35] на всех этапах путешествия: подготовки, транзитного передвижения и пребывания в дестинации [1].

Западные авторы выделяют разные типы впечатлений [37]. К глубоко изученным относятся экзистенциальные подлинные впечатления, основанные на самоидентичности туриста во время туристской деятельности [44], творческие впечатления, являющиеся результатом создания уникальных творческих работ во время путешествия [36], и так называемые незабываемые впечатления, в основе которых лежит оценивание впечатлений самим туристом с использованием понятий новизны, значимости, гедонизма, восстановления сил и других факторов [28].

Исследователи также анализируют уникальность впечатлений, хотя редко используют этот термин. Уникальность как исключительность образа проявляется в единичности, непохожести и появляется тогда, когда турист, находящийся под влиянием туристской деятельности, переключает внимание с туристского объекта на самого себя как на объект своего сознания [36]. Таким образом, *的独特性 проявляется в рефлексии туриста об объекте и его саморефлексии, которые находят отражение в вербально зафиксированном впечатлении – туристском отзыве*. Одним из проявлений уникальности впечатления в туристском отзыве является оценка и/или выражение чувств и эмоций, вызванные отношением к некоторому объекту или к себе как созерцающему этот объект субъекту.

Впечатления в туризме изучаются с помощью различных методов: анализа неструктурированной информации, или ненаправленного интервью [27, 43, 47], интервью с интерпретацией фотографий [46], а также нарративного и интерпретационного методов [23, 39]. Данные методы ставят целью описать впечатления из первых уст, т.е. именно теми словами, которые используют сами туристы, когда делятся впечатлениями с другими людьми. Одной из наиболее значимых работ, исследующей понятие уникальности в туризме с использованием методов анализа неструктурированной информации, является исследование S.L. Toral, M.R. Martínez-Torres, M.R. Gonzalez-Rodríguez [41]. Данная работа посвящена уникальным атрибутам Барселоны, Дублина, Парижа, Рима. Однако авторами не применялись ни векторизация текстов, направленная на выявление семантического сходства, ни анализ тональности, выявляющий положительную или отрицательную коннотацию слов, ни контент-анализ, определяющий частотные темы, к которым относятся впечатления.

Помимо неструктурированных методов, для исследования туристских впечатлений используются структурированные методы, например шкала Лайкерта [34, 28]. Она применяется для оценивания туристами своих впечатлений от 0 до 7, где 0 может выражать полное несогласие, а 7 – полное согласие с предлагаемым утверждением о дестинации или туристском объекте. Сумма оценок каждого отдельного суждения о туристском объекте позволяет сделать вывод о впечатлениях туристов. Однако, как подчеркивают O'Dell & Billing [34], опрошенники со шкалой Лайкерта отражают только общезвестные черты дестинации и туристского объекта, не связанные с впечатлениями туристов, которые носят глубоко личный характер.

Для выявления положительных и отрицательных впечатлений некоторые исследователи используют смешанные методы: структурированные и неструктурированные [30], что позволяет объединять человеческий и искусственный интеллект в исследовании. Поскольку количество туристских отзывов неуклонно растет, наиболее эффективными становятся именно автоматизированные методы обработки больших данных, а именно текстов туристских отзывов. Такие методы анализа позволяют автоматически извлекать и анализировать данные, включая распознавание слов, аннотирование и интерпретацию [29], что способствует получению более объективных результатов.

В рамках дискурсивной лингвистики в основном изучались общие впечатления туристов, выраженные повторяющимися словами или группами слов [5, 11, 17]. Особенности туристического дискурса изучались главным образом на материале путеводителей [20, 21, 22], рекламных и экскурсионных текстов [2, 4, 19], брошюр [10], путевых заметок [16], а также текстов- бесед туриста и персонала [18]. Интернет-сфера представлена преимущественно изучением интернет-неологизмов [13], текстов интернет-сайтов туристических компаний и

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

туристических социальных сетей [15], туристических интернет-ресурсов, аудио- и видеозаписей [12], туристических онлайн-отзывов [6].

С точки зрения Л.Ю. Говоруновой, в туристских онлайн- отзывах наиболее значимы объект отзыва, коммуникативная интенция, образы автора адресата-туриста, адресата-турагента и языковое оформление отзыва [6]. Туристский онлайн-дискурс отзывов характеризуется параметром оценивания, который отражает ценностные установки туристов из разных культур. Так, Л.Ю. Говорунова подчеркивает, что отзывы русских и итальянских туристов объединяют лакунарные ценности. Например, для русскоговорящих туристов важно наличие хорошего гида, в то время как итальянские туристы ищут возможность самостоятельно исследовать достопримечательности. При восприятии туристского объекта русские туристы опираются на ценности из профессионально-этической области и области новых знаний, а итальянские – на ценности из области эстетики, экономии, досуга и туристического комфорта. К языковым особенностям отзывов русских туристов исследователь относит частое использование жаргонизмов, фразеологизмов, эмотивной лексики. Языковая специфика отзывов итальянских туристов находит отражение в диалектизмах и гастрономических терминах. Именно оценивание, изучаемое в дискурсивной лингвистике, соотносится с эмоциональностью, являющейся ключевым параметром понятия впечатления в туризме, что позволяет изучать туристский отзыв на стыке туризма и лингвистики.

Изучая языковую сторону туристских отзывов, большинство исследователей анализируют наиболее частотные языковые единицы, в которых представлен генерализированный опыт нации. В отличие от общих, уникальные впечатления туристов выражаются единичными словами и носят персонализированный характер [40]. Мы полагаем, что уникальные впечатления также отражают особенности языковой и туристской картины мира в определенный период времени, в том числе до и после пандемии COVID-19.

Все это обусловило цель данного исследования, которая заключается в выявлении особенностей впечатлений американских туристов о мемориале Линкольну в доковидный (2019) и постковидный (2023) периоды. Для выявления изменений в языковой и туристской картине мира американских туристов под влиянием диффузии коронавируса использовался комплекс квантитативных методов: частотный анализ, векторизация, анализа тональности, а также квадратичных методов: морфологического, дефиниционного анализа, метод семантического моделирования (ЕСМ), контент-анализа и сравнительного анализа лексики онлайн-отзывов американских туристов, которые не применялись ранее к онлайн-отзывам туристов ни в лингвистике, ни в географии. Материалом для данного исследования послужили онлайн-отзывы американских туристов о мемориале Линкольну, опубликованные на туристском сайте Trip Advisor непосредственно до и после пандемии COVID-19. Полагаем, что полученные с его помощью результаты внесут определенный вклад в теорию впечатлений и туристического дискурса, а также помогут выявить новые ориентиры для развития мемориального туризма в нашей стране.

Следует заметить, что данное исследование является продолжением изучения авторами впечатлений американских туристов о мемориале А. Линкольну [40]. Авторы показали, что онлайн-отзывы туристов представляют собой ценный источник данных не только в туризме, но и в лингвистике, способствуя таким образом развитию междисциплинарности и комплементарности современной науки.

Материал и методы

Для анализа впечатлений американских туристов в доковидный и постковидный периоды с туристского сайта TripAdvisor были собраны онлайн-отзывы, написанные на английском языке, внутренних туристов о мемориале Линкольну в Вашингтоне (США).

Мемориал Линкольну расположен на Национальном молле, Вашингтон, округ Колумбия, США, 2 Lincoln Memorial Circle, NW Washington 20002 рядом с пересечением Independence Ave. SW и Daniel Chester French Dr SW (Адресная справка: 38°53'21.48"N 77°3'0.40"W). Он, как и другие объекты в Национальном торговом центре и в Мемориальных парках, всегда открыты для посетителей. Рейнджеры оказывают помощь посетителям с 9:30 до 22:00 с марта по октябрь и с 9:30 до 20:00 с ноября по февраль, за исключением 25 декабря (Рождества). Парковая полиция США дежурит 24 часа в сутки в течение всего года.

Вокруг мемориала Линкольну расположена западная часть Национального торгового центра, а также ландшафтный парк и травянистая территория между зданием Капитолия и рекой Потомак. За мемориалом на западе находятся Арлингтонское национальное кладбище и огромный особняк Ли-Кьюстис, на востоке – монумент Вашингтона и Капитолийский холм. Массивная скульптура Линкольна смотрит на восток к длинному отражающему бассейну.

Мемориал был построен в неоклассическом стиле нью-йоркским архитектором Генри Бэконом по образцу греческого храма. Классический дизайн включает 36 дорических колонн снаружи, символизирующих штаты, входившие в Союз на момент гибели А. Линкольна. Размеры здания: 204 фута в длину, 134 фута в ширину и 99 футов в высоту, с 44-футовыми колоннами. В его облицовке использован белый мрамор из штата Колорадо для наружных стен, известняк из Индианы для внутренних стен, розовый мрамор из Теннесси для пола и мрамор из Алабамы для потолка.

Мемориал Линкольну был местом выступления знаменитых ораторов: Мартина Лютера Кинга-младшего и президентов США. Сотни ветеранов Гражданской войны и других войны присутствовали на торжественных церемониях, проводившихся на территории мемориала. Он остается для американцев символом демократических ценностей и национальной идентичности.

*Рекреационная география и туризм
Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.*

Мемориал в честь Авраама Линкольна является не только самой знаковой достопримечательностью США с момента его открытия в 1922 г., но также имеет важное культурное и политическое значение. С 1959 по 2008 г. мемориал был изображен на реверсе монеты в один цент в честь 150-летия со дня рождения Авраама Линкольна, а с 1929 г. и по сей день он изображается на обратной стороне пятидолларовой купюры США как символ целостности Союза и отмены рабства. Он также служил фоном для впечатляющих сцен в фильмах, телевизионных шоу, книгах. Мемориал Линкольну считается самым популярным мемориалом США, по мнению туристского сайта TripAdvisor, с посещаемостью 7,8 млн туристов в год против, например, 3,3 млн туристов, посещающих Национальный мемориал и музей 11 сентября.

Сайт TripAdvisor был выбран нами в качестве источника материала для анализа, так как он является лидером среди глобальных туристских сайтов. Более 315 000 000 туристов из разных стран ежегодно выкладывают свои отзывы на TripAdvisor и пользуются его бесплатными сервисами. Для сбора отзывов применялось расширение Google Chrome Verbal Web Scraper. Отзыв о туристском объекте включает название, текст отзыва, место проживания туриста и оценку туристом туристского объекта по пятибалльной шкале. Для нашего исследования были скучаны все отзывы о мемориале Линкольну американских туристов, написанные в 2019 (1861 отзыв) и 2023 гг. (106 отзывов).

После выгрузки отзывов с сайта пунктуация и неидентифицируемые слова были удалены. Предварительная подготовка данных и текстовый анализ отзывов были произведены с помощью Python version 3.7 на Python Software Foundation с сайта <http://www.python.org> [38]. Два специальных модуля – Pandas data structures и Word2Vec [31] для Python – были использованы на основе Google reviews models (<https://github.com/mmholtz/word2vec-GoogleNews-vectors>). В результате был получен список всех слов, содержащихся в корпусах отзывов 2019 и 2023 гг. Далее, используя статистические библиотеки Python, была подсчитана частотность каждого слова и выбраны наименее частотные слова, т.е. слова, встречающиеся один раз во всем массиве текстов за каждый указанный год. Затем было построено векторное пространство единичных слов, отражающее семантическую близость или удаленность слов на основе евклидова расстояния между ними. С помощью Word2Vec и t-SNE векторное пространство было представлено в виде графика. Также была проанализирована тональность единичных слов, отражающих уникальные впечатления туристов, с помощью библиотеки TextBlob. Далее слова с положительной и отрицательной тональностью были вручную сгруппированы по семантическим категориям на основе универсальных элементов значения.

Естественный семантический метаязык [25, 45] был выбран для категоризации слов, характеризующих уникальные туристские впечатления о мемориале Линкольну, из-за его универсальности и эффективности. В основе естественного семантического метаязыка (ЕСМ) лежит общность человеческого мышления, которая находит отражение в семантических инвариантах, или примитивах. К семантическим инвариантам относятся субстантивы (ты, что-то, люди), детерминативы (этот, другой), квантификаторы (один, много), ментальные предикаты (думать, полагать), нементальные предикаты (двигаться, быть живым), метапредикаты (могу, очень), дескрипторы (большой, маленький), оценка (красивый, потрясающий) и некоторые другие. ЕСМ не только учитывает особенности восприятия, находящие отражение в словах, не имеющих эквивалентов в других языках, но и позволяет построить объединяющую группу людей модель восприятия. ЕСМ дает возможность свести все многообразие уникальных туристских впечатлений к конечному числу универсальных смыслов. Однако универсальность семантических примитивов не означает эквивалентность впечатлений, чья уникальность обусловлена типичными для них семантическими паттернами [26, 32]. ЕСМ позволяет наглядным и эффективным образом сопоставить уникальные паттерны семантических инвариантов и выявить общее и различное в туристских реакциях на объект в тех или иных контекстах и условиях.

Результаты

Анализ всех отзывов о мемориале Линкольну, написанных в 2019 и 2023 гг. на сайте TripAdvisor, выявил 4033 слова и 904 слова соответственно. После применения статистических библиотек Python был получен список слов с частотностью каждого из них. В корпусе слов 2019 г. представлено 2189 слов с единичной частотностью, а в корпусе слов 2023 г. – 595 слов, составляющих примерно половину от общего количества слов в отзывах, написанных в соответствующие годы. В таблицах 1 и 2 нашли отражение примеры слов, встретившихся только один раз во всем массиве отзывов о мемориале Линкольну 2019 и 2023 гг.

Из таблиц 1 и 2 видно, что некоторые слова, отражающие уникальные впечатления туристов, посетивших мемориал Линкольну в 2019 и 2023 гг., выявляют положительное отношение туристов, например *delightful* (вызывающий восторг), *exquisite* (изящный), *impressively* (впечатляюще) (табл. 1) и *awesome* (классный), *superb* (прекрасный), *excellent* (великолепный) (табл. 2), а некоторые – отрицательное *grim* (грязь), *horrific* (ужасный), *miserable* (дрянной) (табл. 1), *blatantly* (демонастративно), *chilly* (прохладно), *badly* (отчаянно) (табл. 2).

Из таблиц видно, что общими словами (выделены жирным шрифтом), выражающими положительное отношение туристов к мемориалу А. Линкольну, являются *safe* (безопасный), *relevant* (актуальный), *inspiring* (вдохновляющий), *pleasantly* (приятным образом), *genuine* (истинный). Лишь одним общим словом, выражающим отрицательное отношение посетителей к монументу в отзывах 2019 и 2023 гг., является слово *fail* (неудачно сделать).

Рекреационная география и туризм
Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Таблица 1
Table 1

Единичные слова в туристских отзывах 2019 г.
Single words in tourists' reviews of 2019

Слово	Перевод	
delightful	вызывающий восторг	excessive избыточный
exquisite	изящный	usual непримечательный
impressively	впечатляюще	unbelievably неправдоподобно
safe	безопасный	afraid бояться
relevant	актуальный	fail неудачно сделать
inspiring	вдохновляющий	стар экскременты
pleasantly	приятным образом	nasty противный
joy	радость	
genuine	истинный	
peacefully	вызывающий умиротворение	

Таблица 2
Table 2

Единичные слова в туристских отзывах 2023 г.
Single words in tourists' reviews of 2023

Слово	Перевод	
awesome	классный	gorgeous потрясающий
superb	прекрасный	genuine истинный
excellent	великолепный	loved любимый
safe	безопасный	blatantly демонстративно
relevant	актуальный	fail неудачно сделать
inspiring	вдохновляющий	chilly прохладный
pleasantly	приятным образом	badly сильно

На следующем этапе 2189 единичных слов из отзывов 2019 г. и 595 слов из отзывов 2023 г. были подвергнуты дальнейшему анализу с использованием Word2vec и t-SNE. Word2vec представляет собой совокупность моделей на основе искусственных нейронных сетей, предназначенную для получения векторных представлений слов на естественном языке, а t-SNE – алгоритм машинного обучения для визуализации данных, отражающей группировку слов на основе близости значений. В векторном пространстве каждому единичному слову был присвоен соответствующий вектор и рассчитано расстояние между значениями слов с помощью формулы косинусного сходства. Далее векторы семантически близких слов с наименьшим евклидовым расстоянием между ними были сгруппированы на основе семантической близости (рис. 1, 2). Полученные группы позволяют понять, используют ли туристы слова со схожими или разными значениями и, соответственно, выражают ли похожие или разные впечатлениями и реакции.

Для удобства визуализации данных в рамках статьи на рис. 1 представлена часть слов (150) из общего числа единичных слов (2189), встретившихся в отзывах туристов, написанных в 2019 г. На рисунке 1 нашли отражение семантические группировки слов, расположенные близко друг от друга в векторном пространстве. Примером таких слов могут служить awaited (ожидаемый) и plans (планы), объединенные выражением намерения осуществить что-либо в будущем. Другие примеры семантически близких слов представлены парами: open (открытый) и perimeter (периметр), game (игра) и exercise (упражнение), commander (командир) и boat (лодка), selfie-obsessed (помешанный на селфи) и paradox (парадокс) и др. Такие слова, как holocaust (Холокост), foreigner (иностраник), training (подготовка), spreads (распространять), находятся на удаленном расстоянии от остальных слов, что говорит об отсутствии общих элементов в значениях данных слов с другими словами в этом векторном пространстве.

На рисунке 2 изображены 150 из 595 единичных слов, встретившихся в отзывах, написанных в 2023 г. В векторном пространстве рис. 2 примеры семантических групп представлены следующими близкими по значению лексемами: language (язык) и tone (тон); features (черты) и note (замечать); fittest (подходящий) и site (место); glimpse (взгляд мельком) и surface (поверхность); reflected (отраженный) и combined (сочетающийся); stunning (изумительный) и excellent (великолепный) и др. Такие слова, как enjoyed (наслаждался), sky (небо), evening (вечер), early (рано), scale (шкала), удалены от других слов, что свидетельствует об отсутствии общих элементов в значениях этих слов с остальными словами в данном векторном пространстве. Полученные результаты векторизации свидетельствуют о том, что, выражая свои уникальные впечатления, туристы описывают различные объекты с помощью близких по значению слов или обращаются к идентичным объектам, но используют при этом разные слова для передачи различных нюансов как фактологического, так и эмоционального восприятия туристского объекта.

*Рекреационная география и туризм
Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.Б.*

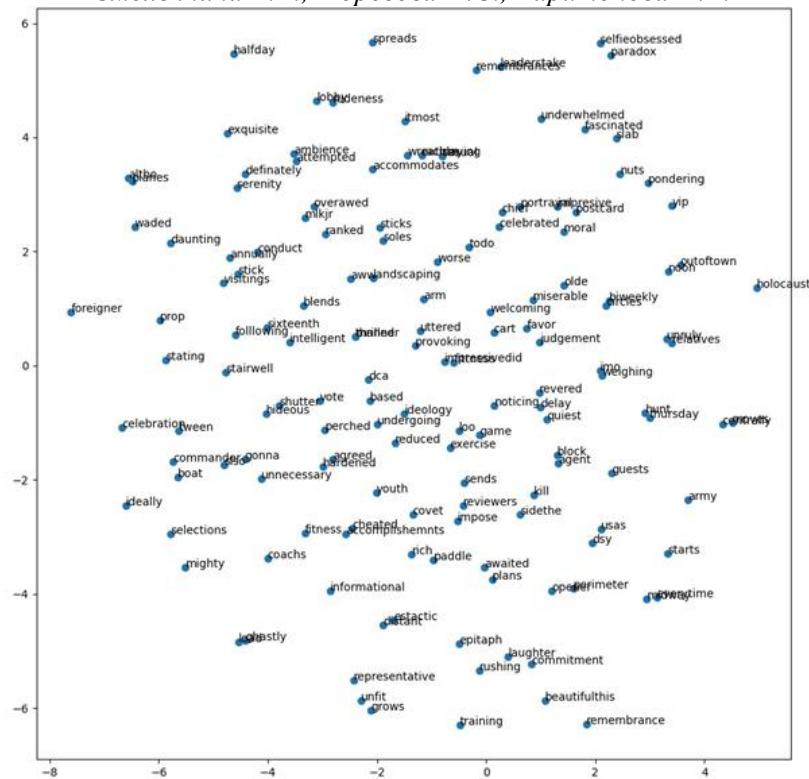


Рис. 1. Векторное пространство единичных слов в отзывах 2019 г.

Fig. 1. Vector space of single words in reviews of 2019

Результаты векторизации также указывают на ассоциативное восприятие туристами аттракции. При этом встречаются слова, семантически не связанные с другими. Такие слова могут служить для выражения уникальных впечатлений туристов, обусловленных индивидуальными чертами конкретной личности туриста.

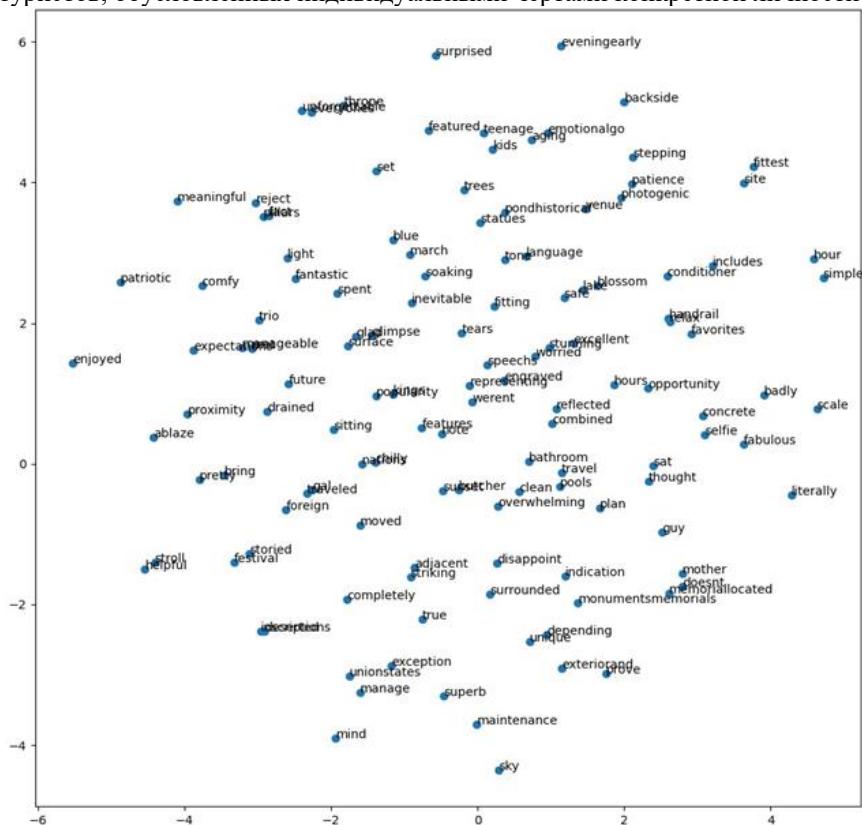


Рис. 2. Векторное пространство единичных слов в отзывах 2023 г.

Fig. 2. Vector space of single words in reviews of 2023

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Для определения понятийных категорий, которыми оперирует турист при восприятии мемориала Линкольну, все слова были вручную сгруппированы на основе семантических инвариантов, или универсальных элементов значения, выявленных в [45]. Получение семантических примитивов осуществлялось на основе морфологического и дефиниционного анализа лексем с использованием Oxford Dictionary online (www.oxfordlearnersdictionaries.com). В ходе морфологического анализа определялась часть речи слова (существительное, глагол и др.), в ходе дефиниционного анализа – основной компонент значения слова, зафиксированный в словаре.

Например:

to please

verb (глагол)

to **make** somebody feel happy or satisfied; to **give** someone pleasure (словарная дефиниция)

cause ***happiness***

feeling

то please — это ментальный предикат (семантический примитив).

Употребление данного ментального предиката указывает на то, что уникальные туристские впечатления связаны со сферой чувств, в том числе с достижением счастья.

По аналогии были проанализированы все лексемы и создана семантическая модель, репрезентирующая уникальные впечатления американских туристов в доковидный и постковидный периоды.

Анализ 2189 единичных слов, встретившихся в отзывах 2019 г., выявил, что большинство из них относится к субстантивам (54 %), обозначающим дискретные объекты [45]. Все выявленные субстантивы были распределены по следующим четырем категориям:

- 1) общее понятие: humanity (человечество), consequences (последствия), view (точка зрения);
- 2) исторический объект/феномен: sovereign (монарх), invasion (завоевание), battle (битва) и др.;
- 3) окружающая среда: fountain (фонтан), wharf (пристань), shore (берег);
- 4) рекреационный объект: cafe (кафе), kite (воздушный змей), blankets (одеяла), bicycles (велосипеды).

Также довольно часто встречаются определения субстантивов, описывающие свойства туристского объекта или выраждающие реакцию туриста на этот объект (32 %). Среди определений были выявлены следующие семантические категории:

- 1) дескрипторы, обозначающие объективные характеристики аттракции, например архитектурно-композиционные: decorated (декорированный), colonnaded (украшенный колоннами), assembled (состоящий из частей);
- 2) оценка, выражающая субъективные реакции на аттракцию: dazzled (завораживающий), exquisite (изящный), nasty (противный), delightful (вызывающий восторг), peacefully (вызывающий умиротворение), hate (ненависть).

Наименее частотными, всего 14 %, оказались предикаты, обозначающие действия, в том числе ментальные (intended), и события (emerge, occur).

Анализ 595 единичных слов в туристских отзывах, написанных в 2023 г., показал, что большинство из них являются предикатами (48 %). Среди них можно выделить особенно многочисленные группы ментальных предикатов восприятия: gaze (созерцать), glimpse (посмотреть мельком), note (заметить), а также действий, связанных с движением/перемещением: bring (принести), met (встретил), moved (переехал), sat (сел), stroll (прогуливаться). Таким образом, возможность перемещения стала новой ценностью туристской картины мира. С одной стороны, это обусловлено появлением свободы передвижения в постковидный период. С другой стороны, это может быть реакцией на то, что «сама пандемия, несомненно, станет поводом для ужесточения контроля власти (а такие технологии уже проявились!) над пространственным поведением населения (в первую очередь в его крупнейших сгустках, т.е. в столичных мегаполисах и других ведущих городских агломерациях)» [7, с. 31].

Второе место по частотности употребления занимают субстантивы (34 %). К ним относятся в первую очередь объекты окружающей среды: pond (пруд), wood (лес), grass (трава), а также исторические объекты и феномены: kings (короли), majesty (величество), throne (трон). В отзывах 2023 г. категория субстантивов, обозначающих транспорт, дополнилась следующими видами транспорта: car (автомобиль), scooter (скутер). На наш взгляд, это напрямую отражает то, что после пандемии предпочтительные виды туризма стали связаны с индивидуальным транспортом [8]. Также в отзывах 2023 г. появились субстантивы, обозначающие предметы интерьера: walls (стены), murals (стенная живопись), handrail (перила) и профессии: sculptor (скульптор), architect (архитектор), photographer (фотограф). Наименее частотными оказались дескрипторы: carved (высеченный из мрамора), engraved (выгравированный на стене), deserted (бездонный) и оценка: sympathetic (вызывающий сочувствие), annoyed (раздраженный). Доля этой лексики составила 18 % от общего числа слов.

После семантического анализа был проведен анализ тональности, т.е. эмоциональной окраски 595 и 2189 единичных слов с целью выявления положительного, нейтрального и отрицательного отношения туристов к мемориалу Линкольна. Анализ тональности производился с помощью библиотеки Python TextBlob с открытым исходным кодом. Библиотека TextBlob содержит списки слов на английском языке с пометкой тональности в диапазоне значений от 1 до -1. Значение -1 – максимально отрицательная тональность, +1 – максимально положительная.

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

В таблицах 3, 4 представлены слова, встретившиеся один раз в отзывах 2019 и 2023 гг. и имеющие положительную и отрицательную тональность. Слова с нейтральной тональностью были исключены из таблиц.

Таблица 3
Table 3

Тональность слов в отзывах 2019 г.
Words sentiment in reviews of 2019

Слово	Тон	Значение	
delightful positive 1,0			unnecessary negative -0,4
exquisite positive 1,0			secret negative -0,4
impressively positive 1,0			bored negative -0,5
brilliantly positive 0,9			random negative -0,5
brave positive 0,8			afraid negative -0,6
joy positive 0,8			painful negative -0,7
remarkably positive 0,75			shocked negative -0,7
deserving positive 0,6			claustrophobic negative -0,75
entertaining positive 0,5			violent negative -0,8
married positive 0,25			hate negative -0,8
funny positive 0,25			crap negative -0,8
consistently positive 0,25			nasty negative -1,0
peacefully positive 0,25			awful negative -1,0
<i>excessive / negative / -0,25</i>			<i>miserable / negative / -1,0</i>
<i>usual / negative / -0,25</i>			<i>horrific / negative / -1,0</i>
<i>ordinary / negative / -0,25</i>			<i>grim / negative / -1,0</i>
unbelievably negative -0,25			

Всего в отзывах, написанных в 2019 г., выявлено 106 эмоционально окрашенных слов из 2189. Из них 64 слова имеют положительную тональность и 42 – отрицательную. В таблице 3 для удобства визуализации представлено 11 слов с обеими видами тональности. Слова delightful (вызывающий восторг), exquisite (утонченный), impressively (впечатляюще) (выделены жирным шрифтом) имеют наибольшую положительную окраску, слова funny (прикольный), consistently (последовательно), peacefully (вызывающий умиротворение) (выделены жирным шрифтом) имеют наименьшую положительную окраску. Слова miserable (дряной), horrific (ужасный), grim (грязь) (выделены курсивом) имеют наивысшую степень отрицательной окраски, тогда как слова excessive (избыточный), usual (непримечательный), unbelievably (неправдоподобно) (выделены курсивом) имеют наименьшую степень отрицательной окраски.

Из 64 слов с положительной тональностью 34 слова имеют общее значение оценки: adequate (достаточный), advanced (прогрессивный), incomparable (несравненный) и др.; 17 слов – эмоции: delightful (вызывающий восторг), joy (радость), thrilled (захватывающий дух) и др.; 6 слов обозначают качество предмета: smooth (гладкий), higher (выше), golden (золотой) и др.; 4 слова представляют характеристику человека: brave (смелый), mighty (могущественный), intelligent (умный) и др.; 2 слова – отношения: beloved (влюблённый), married (ожениться); 1 слово – действие: win (выигрывать).

Из 42 слов с отрицательной тональностью 22 выражают оценку: unbelievably (неправдоподобно), unnecessary (ненужный), excessive (избыточный) и др.; 8 слов – эмоцию страха и отторжения: eerie (жутковатый), afraid (бояться) и др.; 5 слов – состояние: bored (скучный), tired (уставший), faintly (слабо) и др.; 3 слова – характеристику человека: weak (слабый), poor (бедный), brutally (грубо); 2 слова – интерес: game (игра), secret (секрет); 1 слово обозначает характеристику предмета – shady (тенистый) и 1 действие (fail). Анализ показал, что эмоционально окрашенные единичные слова в отзывах о мемориале Линкольну 2019 г. относятся к оценке, дескрипторам, а также субстантивам. Это говорит о том, что в туристских онлайн- отзывах 2019 г. доминирует оценочное восприятие туристами качеств мемориала Линкольну.

На следующем этапе нами были проведен контент-анализ словосочетаний с 64 положительно окрашенными словами. Контент-анализ позволил выявить наиболее частотные темы, к которым относятся слова, выражающие уникальные впечатления. При проведении контент-анализа мы различали термины «мемориал» и «монумент». Мемориал мы рассматривали как сооружение, состоящее из нескольких объектов, созданное для сохранения памяти о значимом событии, достижении или человеке. Монумент – это отдельное крупное величественное сооружение, увековечивающее память о важном событии, достижении или человеке.

Анализ словосочетаний с 64 положительно окрашенными словами в отзывах 2019 г. выявил семь тем и шесть подтем, которые ранжированы от наиболее к наименее частотным. Первая тема «А. Линкольн» представлена двумя подтемами: «президент А. Линкольн» и «монумент А. Линкольну». Подтема «президент А. Линкольн» выражена идеями о том, что туристы считают шестнадцатого президента США смелым, любимым, победителем, заслуживающим уважения, президентом, продолжившим идеи отцов-основателей, объединившим страну и являющимся частью богатой истории. Подтема «монумент А. Линкольну» нашла отражение в следующих характеристиках монумента: огромный, грандиозный, изящный, качественно выполненный, красиво освещенный и сделанный из мрамора.

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Вторая тема «сервис» включает безопасность, порядок, красоту, комфорт, чистоту, вежливость, следование расписанию, возможность провести свадебную церемонию и погулять. Третья тема «чувство» охватывает чувства спокойствия, умиротворения, уважения, трепета, вдохновения, истинного удивления, счастья и восхищения, которые испытывают туристы при созерцании мемориала. Четвертая тема «время» нашла отражение в том, что туристы называют время, проведенное на экскурсии по мемориалу, удовольствием; отмечают, что нужно больше времени, чтобы насладиться памятником; рекомендуют посещать мемориал либо рано утром, либо поздно вечером, когда мало туристов и школьников.

Пятая тема «туристско-рекреационный объект» включает четыре подтемы: «слова», «ступени», «бассейн», «караул». Подтема «слова» выражает оценку слов, выгравированных на стене монумента, которые отражают ум президента, жизнь людей, страны и являются до сих пор актуальными. В основе подтемы «ступени» лежит идея о том, что ступени подходят для того, чтобы комфортно сидеть и созерцать отражающий бассейн. Подтема «бассейн» выражает мнение о том, что отражающий бассейн великолепен и подходит для созерцания. Подтема «караул» связана с интересом туристов к смене караула. Шестая тема «транспорт» связана с возможностью прокатиться на велосипедах по территории мемориала, что вызывает радость и восторг у туристов. И, наконец, седьмая тема «вид» представлена идеей о том, что с мемориала открывается панорамный вид.

Контент-анализ словосочетаний с 42 отрицательно окрашенными словами выявил шесть тем и пять подтем. Первая тема «президент А. Линкольн» включает две подтемы: «президент и политика» и «президент и война». Подтема «президент и политика» раскрывается через идеи о том, что президент Линкольн был бы шокирован тем, что сейчас США не развиваются в некоторых областях жизни, а современная политика носит разрушительный характер; на фоне А. Линкольна наихудшим президентом считается Джонсон, а также, что Линкольн был убит из-за ненависти, которая сейчас царит в политике. Подтема «президент и война» представлена идеей о том, что выигранная Линкольном гражданская война была ужасной, страшной, опустошающей.

Вторая тема «турист» включает идеи о том, что на территории мемориала встречаются непримечательные туристы, грубые посетители, грубые школьники, делающие селфи, несчастные и неприятные туристы, которые мешают подниматься по ступеням и гулять, так как загораживают проходы к монументу. Третья тема «мемориал» нашла отражение в трех подтемах: «мемориал и территория вокруг», «туалет», «монумент». Подтема «мемориал и территория вокруг» представлена идеями о том, что туристы иногда приезжают в мемориал, когда он закрыт, также туристы огорчаются тем, что около мемориала есть бездомные, отсутствуют полицейские, аптека находится под открытым небом, а экскременты уток вызывают неприятные впечатления. Подтема «туалет» находит выражение в следующих характеристиках: туалет в плохом состоянии, ужасный, грязный. Подтема «монумент» включает такую характеристику лица А. Линкольна, как морда кирпичом, монумента как простецкого, а его символизма как скрытого и недоступного пониманию.

В четвертой теме «медицинское состояние» упоминаются больные и слабые колени, затрудняющие подъем по мраморным ступеням, и клаустрофobia, не позволяющая наслаждаться прогулкой, когда на территории мемориала много туристов. Пятая тема «чувство» включает чувство страха, когда турист один гуляет по мемориалу, и чувство скуки, которое могут испытывать маленькие дети. Шестая тема «погода» касается дискомфорта туристов в дождливую и холодную погоду.

В отзывах, написанных туристами в 2023 г., выявлено 50 эмоционально окрашенных слов. В таблице 4 для удобства визуализации представлено 17 слов из 50 эмоционально окрашенных.

Таблица 4
Table 4

Тональность слов в отзывах 2023 г.

Words sentiment in reviews of 2023

Слово	Тон	Значение
awesome	 positive 	1,0
superb	 positive 	1,0
excellent	 positive 	1,0
gorgeous	positive	0,7
pleasant	positive	0,7
inspiring	positive	0,5
loved	positive	0,5
safe	positive	0,5
relevant	positive	0,5
genuinely	positive	0,4
intriguing	 positive 	0,3
educational	 positive 	0,25
pretty	 positive 	0,25
blatantly	 negative 	-0,5
fail	 negative 	-0,5
chilly	 negative 	-0,6
badly	 negative 	-0,7

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

По сравнению с отзывами за 2019 г., практически все из них (46 слов из 50) имеют положительную тональность и только 4 слова – отрицательную. Слова awesome (классный), superb (прекрасный), excellent (великолепный) (выделены жирным шрифтом) имеют наибольшую положительную окраску, слова intriguing (интригующий), educational (обучающий), pretty (милый) (выделены жирным шрифтом) – наименьшую положительную окраску. К словам с наиболее высокой отрицательной тональностью относятся chilly (прохладный) и badly (сильно) (выделены курсивом), а к словам с наименьшей отрицательной тональностью – fail (неудачно сделать), blatantly (демонстративно) (выделены подчеркиванием). В связи с тем, что слово fail (неудачно сделать), имеющее отрицательную тональность и встретившееся один раз в отзывах 2023 г., употребляется туристом в положительном контексте: It never fails to impress – Мемориал никогда не перестает удивлять, мы исключили это слово из дальнейшего анализа слов, выражающих уникальные отрицательные впечатления.

Из 46 слов с положительной тональностью 34 слова репрезентируют оценку: stunning (изумительный), gorgeous (красивый), fascinating (очаровательный) и др.; 6 слов – ощущения: warm (тепло), safe (безопасно), clean (чисто) и др.; 6 слов называют эмоции и чувства: inspiring (вдохновляющий), glad (рад), enjoyed (наслаждался), love (любовь) и др.; 4 слова с отрицательной тональностью репрезентируют следующие категории: оценку: blatantly (демонстративно), badly (сильно), ощущение – chilly (прохладный) и неудачное действие – fail (неудачно сделать). Как и в 2019 г., эмоционально окрашенные единичные слова в отзывах туристов за 2023 г. относятся к оценке, дескрипторам и субстантивам.

Контент-анализ словосочетаний, содержащих 46 положительно окрашенных слов в туристских отзывах 2023 г., выявил восемь тем и семь подтем. Первая тема «мемориал» включает подтемы «характеристика», «вид», «фотография». Подтема «характеристика» представлена определениями мемориала как реально классного, очаровательного, красивого, отличного, элегантного, впечатляющего, незабываемого, с соответствующим грандиозной фигуре А. Линкольна интерьером, значимого. Вид на мемориал туристы определяют как фантастический и красивый, а фотографии мемориала – классные. Вторая тема «сервис» описывает мемориал как безопасный, чистый, легкодоступный к посещению и освещенный ночью. Третья тема «А. Линкольн» выражена идеями о том, что президент был мудрым, честным юристом, принимавшим взвешенные решения и определившим будущее США. Четвертая тема «чувство» включает любовь, радость, счастье, удовольствие, вдохновение и симпатию, которые туристы испытывают при посещении мемориала.

Пятая тема «время» выражена идеями о том, что время пролетает мгновенно во время прогулки по мемориалу и нужно много времени, чтобы посмотреть всю достопримечательность. Шестая тема «туристско-рекреационный объект» нашла отражение в трех подтемах: «монумент А. Линкольну», «бассейн», «слова», «ступени». Монумент Линкольну воспринимается посетителями как огромная и вызывающая сильные эмоции статуя, бассейн как уникальный и приносящий удовольствие, выгравированные слова как вдохновляющие, а ступени как удобные. Седьмая тема «транспорт» выражена идеями о том, что до мемориала можно добраться на машине, а также о том, что на территории достопримечательности есть возможность кататься на скейтбордах и велосипедах. Восьмая тема «погода» выражена идеями о том, что погода была жаркой и теплой, когда туристы посещали мемориал. Таким образом, контент-анализ подтвердил предпочтение туристов постковидного периода путешествовать на индивидуальном транспорте.

Контент-анализ словосочетаний, в которых встречаются 4 отрицательно окрашенных слова, выявил две темы: «турист» и «погода». Тема «турист» находит выражение в неуважительном отношении некоторых посетителей к мемориалу, в сильном желании некоторых детей уйти из мемориала во время ночной прогулки, а также в неспособности туристов подобрать слова для описания своего впечатления от монумента Линкольну. Тема «погода» связана с прохладной погодой.

Итак, в отзывах туристов обнаружены общие единичные слова, выражающие положительные уникальные впечатления туристов в доковидный и постковидный периоды. К ним относятся прилагательные safe (безопасный), relevant (актуальный), inspiring (вдохновляющий), pleasantly (приятным образом), genuine (истинный). Единственным общим словом с отрицательной тональностью в отзывах за 2019 и 2023 гг. является fail (неудачно сделать). Однако оно было исключено из анализа, поскольку в отзывах 2023 г. использовалось для передачи положительного впечатления с помощью усиливальной языковой конструкции. Таким образом, отрицательные уникальные впечатления посетителей мемориала Линкольну до пандемии полностью отличаются от отрицательных уникальных впечатлений после пандемии. Тем не менее семантическая модель уникальных впечатлений туристов не изменилась после пандемии: оценка качества туристского объекта.

В отзывах 2019 и 2023 гг. также были выявлены общие темы, отражающие положительные уникальные впечатления туристов до и после пандемии. К ним относятся «А. Линкольн», «сервис», «чувство», «время», «туристско-рекреационный объект» и «транспорт». Небезынтересно отметить, что доступность и сервис, наряду с безопасностью посещения туристского объекта, регулярно фигурируют в исследованиях отзывов на TripAdvisor. Аспекты доступности, обслуживания и безопасности регулярно фигурируют в исследованиях TripAdvisor [42]. К общим подтемам отзывов доковидного и постковидного периодов относятся «монумент А. Линкольну», «слова», «ступени» и «бассейн», репрезентированные разными словами в отзывах. Как до, так и после пандемии мемориал Линкольну оставил у туристов следующие положительные уникальные впечатления: красота, вдохновение, чи-

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

стота, безопасность. Туристы обоих периодов воспринимают монумент Линкольну как огромный и красиво освещенный ночью, а отражающий бассейн как великолепный. В оба периода туристы подчеркивают необходимость большего количества времени для осмотра достопримечательности и рады, что на территории мемориала разрешено кататься на велосипедах. Посетители дают оценку не только самому президенту А. Линкольну, но и его действиям.

В положительных уникальных впечатлениях американских туристов, написавших отзывы в доковидный и постковидный периоды, были выявлены некоторые различия. В отзывах 2019 г. туристы оценивали прошлое А. Линкольна, выражали чувства умиротворения, спокойствия, восхищения и трепета, давали рекомендации о лучшем времени посещения, упоминали о возможности добраться до мемориала на машине, отмечали красоту панорамного вида и считали, что выгравированные слова отражают ум президента. В отзывах 2023 г. туристы указывали на влияние А. Линкольна на будущее США, делились чувствами удовлетворения, симпатии, любви и радости, отмечали быстротечность времени при посещении, радовались возможности добраться до мемориала на машине и воспользоваться скутером на его территории, подчеркивали фантастический вид на мемориал и испытывали вдохновение от выгравированных словам. В отзывах 2019 г. туристы также упоминали возможность проведения свадьбы, расписание работы мемориала и вежливый персонал, в то время как в отзывах 2023 г. отмечаются приятная погода и красивые фотографии.

Общие отрицательные уникальные впечатления туристов до и после пандемии выражены темами «турист» и «погода». Отрицательные уникальные впечатления туристов в 2019 г. связаны с холодом и дождем, а в 2023 г. – с прохладной погодой. Тема «турист» в отрицательных уникальных впечатлениях посетителей мемориала до пандемии нашла отражение в идеи о том, что туристы непримечательные, грубые, несчастные, неприятные, мешающие, школьники, делающие селфи. В 2023 г. туристы отмечали в своих отзывах неуважительное отношение некоторых посетителей к мемориалу, их неспособность облечь свое восхищение мемориалом в слова и то, что туристы-дети рано покидают мемориал. В целом, по сравнению с отзывами 2023 г., в отзывах 2019 г. содержится в три раза больше тем, вызывающих отрицательные уникальные впечатления американских туристов. В 2019 г. в связи с посещением мемориала и размышлениями о «президенте А. Линкольне», американские туристы отрицательно оценивали современную политику и жизнь США в контексте политики 16 президента. Отрицательные уникальные впечатления туристов в 2019 г. были связаны с гражданской войной. Туристы особенно подчеркивали, что война, которую выиграл А. Линкольн, была ужасной, страшной и опустошающей. Делясь отрицательными впечатлениями о «мемориале» до пандемии, американские туристы также указывали на бездомных возле мемориала, отсутствие полицейских, аптеку под открытым небом и экскременты уток. Особое внимание уделялось туалету, который находился в плохом состоянии и характеризовался как ужасный и грязный. Туристы описывали лицо Линкольна как морду кирпичом, сам монумент называли простецким, а символизм монумента – непонятным. Некоторые посетители акцентировали внимание на своем «медицинском состоянии», отмечая, что из-за больных и слабых коленей им трудно подниматься по ступеням, а клаустрофobia не позволила им насладиться прогулкой. Тема «чувство» раскрывалась в отзывах за 2019 г. через страх во время одиночной прогулки и скуку маленьких детей.

Заключение

Анализ единичных слов, выражающих уникальные впечатления американских туристов о мемориале Линкольну, позволил выявить сходства и различия в восприятии мемориала туристами до и после пандемии COVID-19. Уникальные впечатления американских туристов о мемориале Линкольну носили в основном положительный характер как до, так и после пандемии. Однако до пандемии мемориал вызывал у американских туристов больше отрицательных впечатлений, чем после пандемии. Меньшее количество отрицательных уникальных впечатлений у туристов в постковидный период могло быть связано со снятием ограничений в сфере туризма.

В оба периода отмечается значимость для американских туристов фигуры Авраама Линкольна как личности и как президента, что проявляется в чувстве гордости и уважения к нему, признании его влияния на историю и жизнь людей в США. Американские туристы делятся положительными впечатлениями не только о мемориале Линкольну, но и о его составляющих: самом монументе А. Линкольну, надписях на стенах, ступенях, отражающем бассейне, делающими мемориал величественным символом демократии. Посетители отмечают необходимость большего количества времени для посещения мемориала и возможность кататься на велосипеде по территории.

Различия в восприятии мемориала в доковидный и постковидный периоды выражаются в том, что до пандемии COVID-19 положительные уникальные впечатления туристов отражали в большей степени спокойные чувства, например умиротворение, и содержали рекомендации об удобном времени посещения мемориала, в то время как после пандемии COVID-19 положительные уникальные впечатления туристов выражали более аффективные чувства, например радость, содержали рекомендации об отведении большего количества времени на посещение достопримечательности и учета возможности передвигаться по территории мемориала на скутерах. В отзывах 2019 г. положительные уникальные впечатления в основном связаны с рекреационными особенностями и сервисом аттракции: вежливым персоналом, расписанием, проведением свадеб, в то время как в отзывах 2023 г. положительные уникальные впечатления связаны с личным комфортом: приятной погодой и возможностью съездить красивые фотографии.

Рекреационная география и туризм

Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.

Общие отрицательные уникальные впечатления американских туристов о мемориале Линкольну в доковидный и постковидный периоды связаны с восприятием других туристов и погоды. Другие туристы мешали пройти к монументу, совершили неприятные действия, например делали селфи, или имели выражение лица, не соответствующее ожиданиям автора отзыва. Туристов также раздражало большое количество школьников и удивляло желание детей уйти с ночной прогулки по мемориалу. Отрицательные уникальные впечатления были связаны в основном с дождем и холодом.

В доковидный период отрицательных уникальных впечатлений о мемориале А. Линкольну значительно больше, чем в постковидный. При посещении мемориала туристы выражали свое негативное отношение к современной политике, неверному направлению развития США, а также к гражданской войне, которую выиграл А. Линкольн. Мемориал воспринимался как неприятный, опасный, с неудобной инфраструктурой и грязным туалетом, а сам монумент – грубым, простецким, непонятным. Посетителям, находящимся в определенном медицинском состоянии, было трудно наслаждаться прогулкой по мемориалу. Некоторые из них испытывали страх и скуку.

Главное отличие уникальных впечатлений туристов о мемориале Линкольну в доковидный и постковидный периоды заключается в том, что до пандемии для туристов большую ценность представляли объекты рекреации, тогда как после пандемии туристы стали уделять большее внимание транспорту. Появление категории транспорта в уникальных впечатлениях туристов, посетивших мемориал Линкольну в 2023 г., представляется нам закономерным и имеет непосредственную связь с предикатами движения, которые являются многочисленной группой слов в отзывах за 2023 г. Следует отметить, что в отзывах 2019 г. данные категории не выявлены. Таким образом, можно справедливо предположить, что передвижение и связанные с ним понятия становятся одной из основных ценностей туристов в постковидный период. Полагаем, что формирование новой ценностной установки у американских туристов обусловлено ограничениями на свободу передвижения людей в период диффузии вируса. До пандемии эта свобода воспринималась как неотъемлемая часть демократического общества, которой ничто не могло угрожать. В пандемию новые условия жизни привели к неизбежной переоценке многих аспектов и заставили людей по-новому взглянуть на то, что прежде считалось непоколебимым, в том числе и на возможность передвигаться.

Вывод о том, что уникальные впечатления американских туристов после пандемии в большей мере связаны со сферой чувств, подкрепляется тем, что в отзывах 2023 г. зачастую используются предикаты ментальных действий и употребляется меньше дескрипторов, чем в отзывах 2019 г. О пользе сделанного вывода свидетельствует и тот факт, что предикаты ментальных действий, связанные с интеллектом и чувствами, оказались самой незначительной группой слов в отзывах американских туристов за 2019 г. Представляется важным указать на преобладание субстантивов, обозначающих нематериальные объекты, в отзывах американских туристов 2019 г., тогда как в отзывах 2023 г. выявлено их относительно небольшое количество. Это может свидетельствовать о том, что уникальные впечатления американских туристов до пандемии были в большей мере связаны с объектом туризма, чем с вызываемым им чувствами. Таким образом, пандемия изменила не только туристскую, но и индивидуальную картину мира американского туриста, сместив акценты с восприятия внешнего объекта на рефлексию. Полученные в исследовании результаты носят междисциплинарный характер и могут оказаться полезными географам, культурологам, лингвистам, социологам и другим исследователям.

Библиографический список

1. Александрова А.Ю. Новейшее представление о сфере туризма как системе // Современные проблемы сервиса и туризма. 2014. № 1. С. 24–38. EDN: RXHQAV
2. Атакян Г.С. Рекламный образ как синтез экспрессии и стандарта (на материале туристической рекламы) // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2. Филология и искусствоведение. 2013. № 1 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reklamnyy-obraz-kak-sintez-ekspressii-i-standarta-na-materiale-turisticheskoy-reklamy> (дата обращения: 16.08.2024) EDN: QBUV LZ
3. Афанасьев О.Е., Афанасьев А.В. Туристские легенды как составляющая экономики впечатлений и процесса формирования опыта путешествий // Современные проблемы сервиса и туризма. 2019. Т. 13, № 2. С. 7–20. DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10201 EDN: FZJOKA
4. Ахметшина А.С. Элокутивная прагматика экскурсионного дискурса: на материале региональных экскурсионных текстов: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Уфа, 2019. 28 с. EDN: AQXRSQ
5. Волкова И.Д. Глобализация и локализация как векторы развития туристического интернет-дискурса: на материале русского, английского и французского языков: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Волгоград, 2017. 30 с. EDN: VKKFLL
6. Говорунова Л.Ю. Отзыв туриста как новый речевой жанр туристического Интернет-дискурса // Вестник Челябинского государственного университета. Серия Филология. Искусствоведение. 2013. № 1 (292), Вып. 73. С. 198–203. EDN: PVPGEKX
7. Дружинин А.Г. Общественно-географические метаморфозы в «зеркале» пандемии COVID-19 // Социально-экономическая география: Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2020. № 9. С. 129–131. EDN: NLMVIG
8. Зырянов А.И. Географические особенности распространения коронавируса // Социально-экономическая география: Вестник Ассоциации российских географов обществоведов. 2020. № 9. С. 135–137. EDN: TVACFL
9. Зырянов А.И., Балабан М.О., Зырянов Г.А. География коронавируса и вопросы туризма // География и туризм. 2020. № 2. С. 5–17. EDN: WHKTAQ
10. Исакова Е.М. Языковые средства в туристической брошюре и мобильном приложении // Вестник Тверского государственного университета. Серия Филология. 2016. № 4. С. 219–222. EDN: XAZCRH
11. Колчевская В.А. Средства персуазивности дискурса туристических сайтов // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. 2019. № 2. С. 97–107. EDN: WJMLBR

*Рекреационная география и туризм**Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.Б.*

12. Колчевская В.А. Средства выражения категории персонализации в гиперланге «сайт» туристического интернет-дискурса: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Краснодар, 2020. 23 с.
13. Липириди С.Х. Аксиологическое поле туристического дискурса (на материале английских неологизмов) // Известия Воронежского государственного педагогического университета. 2020. № 2 (145). С. 206–212. EDN: DTSTZO
14. Малафий А.С., Фатуева А.А., Промыслова К.С. Туризм впечатлений: ресурсы и перспективы развития в Тульской области // Современные проблемы сервиса и туризма. 2019. № 2. С. 101–111. DOI: 10.24411/1995-0411-2019-10209 EDN: LLIYQQ
15. Новикова Э.Ю. Лингвопрагматические характеристики интернет-дискурса медицинского туризма // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 2. Языковознание. 2016. № 3. С. 78–86. DOI: 10.15688/jvolsu2.2016.3.8 EDN: WYHKUL
16. Орлова Н.Х. Путевые заметки по Норвегии: тексты и контексты // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2016. № 1 (38). С. 47–50. EDN: VRBNON
17. Погодаева С.А. Туристический дискурс: от локализации к глобализации // Вестник МГПУ. Серия Филология. Теория языка. Языковое образование. 2019. № 1 (33). С. 64–71. DOI: 10.25688/2076-913X.2019.33.1.08 EDN: ZCEGMZ
18. Слезко Ю.В. Феноменологическое пространство туристического дискурса // Вестник Бурятского государственного университета. 2013. № 15. С. 155–162. EDN: RUVPCJ
19. Старыгина Н.Ф. Категория адресата в семантическом пространстве туристического рекламного текста // Вестник Челябинского государственного университета. Серия Филологические науки. 2019. № 6 (428), Вып. 117. С. 171–177. DOI: 10.24411/1994-2796-2019-10623 EDN: MUPMFF
20. Сычева М.А. Лингвоаксиологическая параметризация предметной сферы «культурное наследие» в туристическом дискурсе: автореф. дис. ... канд. филол. наук. М., 2019. 23 с. EDN: LPVNJX
21. Тупкалова Л.Ю. Тексто- и смыслообразующий потенциал кванторных детерминантов в разных частях русского и английского путеводителя // Вестник Российского нового университета. Серия «Человек в современном мире». 2022. № 1. С. 92–98. DOI: 10.18137/RNU.V925X.22.01.P.092 EDN: XIOVOU
22. Филатова Н.В. Дискурс сферы туризма в прагматическом и лингвистическом аспектах: автореф. дис. ... канд. филол. наук. М., 2014. 25 с. EDN: ZPFMEN
23. Coelho M. de F., Gosling M. de S., Almeida A.S.A. de. Tourism experiences: Core processes of memorable trips // Journal of Hospitality and Tourism Management. 2018. 37. P. 11–22.
24. Cornelisse M. Understanding memorable tourism experiences: A case study // Research in Hospitality Management. 2018. No. 8 (2). P. 93–99.
25. Goddard C. Natural semantic metalanguage: The state of the art. In Goddard, C. (Ed.) // Cross-Linguistic Semantics. Studies in Language Companion Series. Amsterdam, the Netherlands: John Benjamins Publishing Company, 2008. P. 1–34.
26. Dziedziu P. The universal categories of praxeology in light of natural semantic metalanguage theory // Libertarian Papers. 2017. No. 9 (2). P. 249–276.
27. Kim H., Jamal T. Touristic quest for existential authenticity // Annals of Tourism Research. 2007. No. 34 (1). P. 181–201.
28. Kim J.H., Ritchie J.R.B., McCormick B. Development of a scale to measure memorable tourism experiences // Journal of Travel Research. 2012. No. 51 (1). P. 12–25.
29. Martínez-Torres M.R., Toral S.L., Barrero F., Gregor D. A text categorization tool for open source communities based on semantic analysis // Behaviour and Information Technology. 2013. No. 32 (6). P. 532–544. DOI: 10.1080/0144929X.2011.624634 EDN: YBKXXF
30. Mervyn J. Utilizing attribution theory to develop new insights into tourism experiences // Journal of Hospitality and Tourism Management. 2019. 38. P. 176–183.
31. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G., Dean J. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality // Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems. 2013. 2. P. 3111–3119.
32. Morozova I., Chusovliankin A., Smolyanina E., Permyakova T.M. The Language of Praise in Russian Students' Evaluation of Teaching // Journal of Language and Education. 2020. Vol. 6, No. 3. P. 94–107. DOI: 10.17323/jle.2020.9833 EDN: URULBZ
33. Noy C. The language(s) of the tourist experience: an autoethnography of the poetic tourist // Ateljevic I., Pritchard A., Morgan N. (Eds.) The Critical Turn in Tourism Studies. Elsevier, 2007. P. 349–370.
34. O'Dell T., Billing P. Experiencescapes: Tourism, culture, and economy. Copenhagen Business School Press, 2005. 196 p.
35. Park D., Kim J., Kim W.G., Park H. Does distance matter? Examining the distance effect on tourists' multi-attraction travel behaviors // Journal of Travel & Tourism Marketing. 2019. No. 36 (6). P. 692–709.
36. Richards G., Wilson J. Developing creativity in tourist experiences: A solution to the serial reproduction of culture // Tourism Management. 2006. No. 27 (6). P. 1209–1223.
37. Ritchie J.B., Tung V.W.S., Ritchie R.J. Tourism experience management research: Emergence, evolution and future directions // International Journal of Contemporary Hospitality Management. 2011. No. 23 (4). P. 419–438.
38. Rossum G.V. Python Reference Manual. Amsterdam: Tech Rep., 1995. 59 p.
39. Servidio R., Ruffolo I. Exploring the relationship between emotions and memorable tourism experiences through narratives // Tourism Management Perspectives. 2016. 20. P. 151–160. DOI: 10.1016/j.tmp.2016.07.010 EDN: QAPLKU
40. Smolyanina E., Morozova I., Kharitonova N. Identifying American tourists' unique experiences from the Lincoln Memorial // Географический вестник. 2024. No. 2 (69). P. 150–164.
41. Toral S.L., Martínez-Torres M.R., Gonzalez-Rodriguez M.R. Identification of the unique attributes of tourist destinations from online reviews // Journal of Travel Research. 2018. No. 57 (7). P. 908–919.
42. TripAdvisor Transparency Report 2023: как путешественники принимают решения. URL: <https://www.tripadvisor.ru/TransparencyReport2023> (дата обращения: 17.03.2025)
43. Tung V.W.S., Ritchie J.R.B. Exploring the essence of memorable tourism experiences // Annals of Tourism Research. 2011. No. 38 (4). P. 1367–1386.
44. Wang N. Tourism and modernity: A sociological analysis. An Imprint of Elsevier Science Ltd, 2000. 271 p.
45. Wierzbicka A. Semantics: Primes and universals. Oxford, UK: Oxford University Press, 1996. 512 p.
46. Wu M.Y., Wall G., Zu Yu., Yinga T. Chinese children's family tourism experiences // Tourism Management Perspectives. 2019. Vol. 29. P. 166–175.
47. Yachin J.M. The 'Customer Journey': Learning from customers in tourism experience encounters // Tourism Management Perspectives. 2018. Vol. 28. P. 201–210.

Рекреационная география и туризм
Смолянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.Б.

References

1. Aleksandrova A.Yu. (2014), The newest comprehension of tourism as a system, *Sovremennye problemy servisa i turizma*. 2014. № 1. pp. 24–38.
2. Atak'yan G.S. (2013), Advertising image as an expression and standard synthesis (as shown by a material of tourist advertising), *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya 2: Filologiya i iskusstvovedenie. №1 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reklamnyy-obraz-kak-sintez-ekspressii-i-standarta-na-materiale-turisticheskoy-reklamy> (data obrashcheniya: 16.08.2024)
3. Afanas'ev O.E., Afanas'eva A.V. (2019), Legends on Tourism as a part of the experience economy and the process of forming the travel experience, *Sovremennye problemy servisa i turizma*. T. 13. № 2. pp. 7–20.
4. Ahmetshina A.S. (2019), Elokuтивnaya pragmatika ekskursionnogo diskursa: na materiale regional'nyh ekskursionnyh tekstov: avtoref. dis. ... kand. filol. nauk [Elocutionary pragmatics of excursion discourse: a case study of regional excursion texts]. Ufa. 28p.
5. Volkova I.D. Globalizaciya i lokalizaciya kak vektor razvitiya turisticheskogo internet-diskursa: na materiale russkogo, anglijskogo i francuzskogo jazykov: avtoref. dis. ... kand. filol. Nauk [Globalisation and locality as a vector of development of tourist Internet discourse: a case study of Russian, English and French]. Volgograd. 2017. 30p.
6. Gororunova L.Yu. (2013), The review as a new speech genre of tourist Internet discourse, *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*. № 1 (292). Filologiya. Iskusstvovedenie. Vyp. 73. pp. 198–203.
7. Druzhinin A.G. (2020), Social-geographic metamorphoses in the mirror of the COVID pandemic, *Social'no-ekonomicheskaya geografiya: Vestnik Associacii rossijskih geografov-obshchestvovedov*. № 9. pp. 129–131.
8. Zyryanov A.I. (2020), Geographic characteristics of Coronavirus spread, *Social'no-ekonomicheskaya geografiya: Vestnik Associacii rossijskih geografov obshchestvovedov*. № 9. pp. 135–137.
9. Zyryanov A.I., Balaban M.O., Zyryanov G.A. (2020), Geography of coronavirus and tourism issues, *Geografiya i turizm*. № 2. pp. 5–17.
10. Isakova E.M. (2016), Language means in a tourist brochure and a mobile application, *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya: Filologiya. № 4. pp. 219–222.
11. Kolchevskaya V.A. (2019), Persuasive means of tourist sites discourse, *Mir lingvistiki i kommunikacii: elektronnyj nauchnyj zhurnal*. № 2. pp. 97–107.
12. Kolchevskaya V.A. Sredstva vyrazheniya kategorii persuazivnosti v giperzhanre «sajt» turisticheskogo internet-diskursa: avtoref. dis. ... kand. filol. Nauk [Means of expression of the category of persuasiveness in the hypergenre «site» in tourist Internet discourse]. Krasnodar. 2020. 23p.
13. Lipiridi S.H. (2020), Axiological field of tourist discourse (based on the English neologisms), *Izvestiya Voronezhskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. №2 (145). pp 206–212.
14. Malafij A.S., Fatueva A.A., Promyslova K.S. (2019), Experience tourism: resources and development prospects in Tula region, *Sovremennye problemy servisa i turizma*. № 2. pp. 101–111.
15. Novikova E.Yu. (2016), Linguopragmatic features of the medical tourism Internet discourse, *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta*. Seriya 2: Yazykoznanie № 3. pp. 78–86.
16. Orlova N.H. (2016), Travel notes about Norway: texts and contexts, *Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana)*. №1 (38). pp. 47–50.
17. Pogodaeva S.A. (2019), Tourism Discourse: from Localization to Glocalization, *Vestnik MGPU*. Seriya: Filologiya. Teoriya jazyka. Yazykovoe obrazovanie. №1 (33). pp. 64–71.
18. Slezko Yu.V. (2013), Phenomenological space of tourism discourse, *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta*. № 15. pp. 155–162.
19. Starygina N.F. (2019), The addressee category in the semantic space of the tourist advertising text, *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta*. № 6. (428). Filologicheskie nauki. Vyp. 117. pp. 171–177.
20. Sycheva M.A. Lingvoaksiologicheskaya parametrizaciya predmetnoj sfery «kul'turnoe nasledie» v turisticheskem diskurse: avtoref. dis. ... kand. filol. Nauk [Linguistic and axiological parametrization of the subject sphere “cultural legacy” in tourist discourse]. Moskva. 2019. 23p.
21. Tupkalova L.Yu. (2022), Text- and meaning-forming potential of quantifier determinants in different parts of the Russian and English guidebook, *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta*. Seriya «Chelovek v sovremennom mire». № 1. pp. 92–98.
22. Filatova N.V. Diskurs sfery turizma v pragmaticskom i lingvisticskom aspektah: avtoref. dis. ... kand. filol. Nauk [Discourse of tourism in pragmatic and linguistic aspects]. Moskva. 2014. 25p.
23. Coelho M. de F., Gosling M. de S., & Almeida A. S. A. de. (2018), Tourism experiences: Core processes of memorable trips, *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 37. pp. 11–22.
24. Cornelisse M. (2018), Understanding memorable tourism experiences: A case study, *Research in Hospitality Management*. 8 (2). pp. 93–99.
25. Goddard C. (2008), Natural semantic metalanguage: The state of the art. In Goddard, C. (Ed.), *Cross-Linguistic Semantics. Studies in Language Companion Series*. Amsterdam, the Netherlands: John Benjamins Publishing Company, pp. 1–34.
26. Dziedziul P. (2017), The universal categories of praxeology in light of natural semantic metalanguage theory, *Libertarian Papers*. 9 (2). pp. 249–276.
27. Kim H., & Jamal T. (2007), Touristic quest for existential authenticity, *Annals of Tourism Research*. 34 (1), pp. 181–201.
28. Kim J.H., Ritchie J.R.B., & McCormick B. (2012), Development of a scale to measure memorable tourism experiences, *Journal of Travel Research*. 51 (1), pp. 12–25.
29. Martínez-Torres M.R., Toral S.L., Barrero F., & Gregor, D. (2013), A text categorization tool for open source communities based on semantic analysis, *Behaviour and Information Technology*. 32 (6). pp. 532–544.
30. Mervyn J. (2019), Utilizing attribution theory to develop new insights into tourism experiences, *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 38. pp. 176–183.
31. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G., & Dean J. (2013), Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality, *Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems*. 2. pp. 3111–3119.
32. Morozova I., Chusovliankin A., Smolyanina E., Permyakova T. M. (2020), The Language of Praise in Russian Students' Evaluation of Teaching, *Journal of Language and Education*. Vol. 6. No. 3. pp. 94–107.
33. Noy C. (2007), The language(s) of the tourist experience: an autoethnography of the poetic tourist. In I. Ateljevic, A. Pritchard, & N. Morgan (Eds.), *The Critical Turn in Tourism Studies*. Elsevier, pp. 349–370.

*Рекреационная география и туризм**Смольянина Е.А., Морозова И.С., Харитонова Н.В.*

34. O'Dell T., & Billing P. (2005), Experiencescapes: Tourism, culture, and economy. Copenhagen Business School Press, 196p.
35. Park D., Kim J., Kim W.G. & Park H. (2019), Does distance matter? Examining the distance effect on tourists' multi-attraction travel behaviors, *Journal of Travel & Tourism Marketing*. No. 36 (6). pp. 692–709.
36. Richards G., & Wilson J. (2006), Developing creativity in tourist experiences: A solution to the serial reproduction of culture, *Tourism Management*. No. 27 (6). pp. 1209–1223.
37. Ritchie J.B., Tung V.W.S., & Ritchie R.J. (2011), Tourism experience management research: Emergence, evolution and future directions, *International Journal of Contemporary Hospitality Management*. 2011. No. 23 (4). pp. 419–438.
38. Rossum G.V. (1995), Python Reference Manual. Amsterdam: Tech Rep., 59p.
39. Servidio R., & Ruffolo I. (2016), Exploring the relationship between emotions and memorable tourism experiences through narratives, *Tourism Management Perspectives*. 20. pp. 151–160.
40. Smolyanina E., Morozova I., Kharitonova N. (2024), Identifying American tourists' unique experiences from the Lincoln Memorial, *Географический вестник*. No. 2(69). pp. 150–164.
41. Toral S.L., Martínez-Torres M.R., & Gonzalez-Rodriguez M.R. (2018), Identification of the unique attributes of tourist destinations from online reviews, *Journal of Travel Research*. 57 (7). pp. 908–919.
42. TripAdvisor Transparency Report 2023: как путешественники принимают решения [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tripadvisor.ru/TransparencyReport2023> (дата обращения: 17.03.2025).
43. Tung V.W.S., & Ritchie J.R.B. (2011), Exploring the essence of memorable tourism experiences, *Annals of Tourism Research*. 38 (4). pp. 1367–1386.
44. Wang N. (2000), Tourism and modernity: A sociological analysis. An Imprint of Elsevier Science Ltd, 271p.
45. Wierzbicka A. (1996), Semantics: Primes and universals. Oxford, UK: Oxford University Press, 512p.
46. Wu M.Y., Wall G., Zu Yu., & Yinga, T. (2019), Chinese children's family tourism experiences, *Tourism Management Perspectives*. 29. pp. 166–175.
47. Yachin J.M. (2018), The 'Customer Journey': Learning from customers in tourism experience encounters, *Tourism Management Perspectives*. 28. pp. 201–210.

Статья поступила в редакцию: 26.06.25, одобрена после рецензирования: 01.10.25, принятая к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 26 June 2025; approved after review: 1 October 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Елена Анатольевна Смольянина

Кандидат филологических наук, доцент департамента иностранных языков, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; 614070, Россия, г. Пермь, ул. Студенческая, 38

e-mail: easmolianina@hse.ru

Ирина Сергеевна Морозова

Кандидат филологических наук, доцент департамента иностранных языков, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; 614070, Россия, г. Пермь, ул. Студенческая, 38

e-mail: imorozova@hse.ru

Нина Викторовна Харитонова

Кандидат экономических наук, доцент кафедры туризма, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: kharitonovaninaviktorovna@mail.ru

Information about the authors

Elena A. Smolianina

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, School of Foreign Languages, HSE University; 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia

Irina S. Morozova

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, School of Foreign Languages, HSE University; 38, Studencheskaya st., Perm, 614070, Russia

Nina V. Kharitonova

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Tourism, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Вклад авторов

Смольянина Е.А. – обработка и анализ данных, написание статьи.

Морозова И.С. – написание и редактирование статьи.

Харитонова Н.В. – идея статьи, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Elena A. Smolianina – data collection and processing, writing of the article.

Irina S. Morozova – writing and editing of the article.

Nina V. Kharitonova – idea and writing of the article.

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

Географическое образование

Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 37.01:007

doi: 10.17072/2079-7877-2025-4-178-190

EDN: UDDGID



**ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА «ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФОРСАЙТ:
ПЕРМСКИЙ КРАЙ-2035»**

Андрей Аркадьевич Зайцев¹, Светлана Александровна Кулакова², Андрей Сергеевич Лучников³, Ирина Викторовна Назарова⁴, Софья Юрьевна Турханова⁵, Ксения Артемовна Крохалева⁶, Злата Игоревна Григорьева⁷, Юлия Леонидовна Мишланова⁸, Роман Владимирович Чумаков⁹, Наталья Львовна Зелянская¹⁰

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹⁰ Белорусский государственный университет, г. Минск, Белоруссия

¹ rabbitzay@yandex.ru, SPIN-код: 3428-2211, РИНЦ Author ID: 598172

² kulakovasa@mail.ru, SPIN-код: 2861-4630, РИНЦ Author ID: 132403

³ aluchnikov@yandex.ru, SPIN-код: 7873-1387, РИНЦ Author ID: 820247

⁴ irvik13@gmail.com, SPIN-код: 1434-3422, РИНЦ Author ID: 148012, ORCID: 0000-0003-2152-9037

⁵ sofa.geo.perm@yandex.ru, SPIN-код: 3140-9097, РИНЦ Author ID: 1233297

⁶ k.krohaleva99@gmail.com

⁷ zlata_grigoreva_fox@mail.ru

⁸ mishyleo@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-1829-1948, SPIN-код: 3983-0165

⁹ chumakoff.r.v@gmail.com, SPIN-код: 6497-7465, РИНЦ Author ID: 1239674

¹⁰ zelyanskaya@gmail.com, SPIN-код: 7075-9178, РИНЦ Author ID: 326637

Аннотация. В условиях растущей конкуренции вузов за абитуриентов важнейшую роль приобретают ранняя профориентация и всестороннее взаимодействие учреждений высшего образования со школьниками. Простое информирование выпускников школ о направлениях подготовки, особенностях дизайна образовательных программ, перспективах трудоустройства недостаточно эффективно. Большое значение приобретает системное содержательное взаимодействие вузов со школами и учителями профильных предметов по развитию исследовательских навыков и проектной деятельности школьников. В статье описаны задачи, содержание и результаты проекта «Географический форсайт: Пермский край 2035», который реализован Пермским краевым отделением Русского географического общества совместно с географическим факультетом Пермского государственного национального исследовательского университета в 2024–2025 гг.

Проект направлен на развитие и углубление географических знаний, формирование пространственного и стратегического мышления у участников (команды, состоящие из учеников 8–11 классов), патриотизма, интереса и любви к своей малой родине. В рамках проекта школьники изучали географические особенности муниципалитетов: знакомились с их географическим положением, природно-ландшафтной спецификой, характеристиками населения и специализированными видами экономической деятельности. С помощью программного продукта Creative Maps Studio участники в командах фиксировали положительные и отрицательные объекты и процессы социально-экологического развития своего муниципалитета. Затем с помощью форсайт-сессионного формата они моделировали образ будущего выбранного муниципалитета к 2035 г., обозначая ключевые приоритеты развития. В заключении проекта школьники предложили собственные решения, направленные на благоустройство территории (среды обитания людей) муниципального образования. По итогам всего алгоритма мероприятия была выбрана команда-победитель из с. Юрла, предложившая проект этнотропы «Русский остров», который направлен на создание нового общественного пространства с реализацией целей в области рекреации, образования и культуры.

Статья содержит описание методического подхода к организации проектной деятельности, анализ участников проекта, обсуждение представлений школьников о современном состоянии муниципалитетов и образа будущего муниципалитетов Пермского края.

Ключевые слова: географический форсайт, профориентация, абитуриент, географическое мышление, муниципальное образование, Пермский край

Финансирование. Публикация подготовлена в рамках реализации Гранта Русского географического общества № 09/2024-Р «Географический форсайт «Пермский край-2035».

Для цитирования: Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А., Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л. Опыт реализации образовательного проекта «Географический форсайт: Пермский край-2035» // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 178–190. DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-178-190 EDN UDDGID



© 2025 Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А., Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Географическое образование

Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

GEOGRAPHICAL EDUCATION

Original article

DOI 10.17072/2079-7877-2025-4-178-190

EDN: UDDGID

**EXPERIENCE OF IMPLEMENTING THE EDUCATIONAL PROJECT
'GEOGRAPHICAL FORESIGHT: PERM KRAI-2035'**

Andrey A. Zaitsev¹, Svetlana A. Kulakova², Andrey S. Luchnikov³, Irina V. Nazarova⁴, Sofia Yu. Turkhanova⁵, Ksenia A. Krokhaleva⁶, Zlata I. Grigorieva⁷, Julia L. Mishlanova⁸, Roman V. Chumakov⁹, Natalia L. Zelianskaia¹⁰

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9} Perm State University, Perm, Russia

¹⁰ Belarusian State University, Minsk, Belarus

¹ rabbitzay@yandex.ru, SPIN-code: 3428-2211, Author ID: 5988172

² kulakovasa@mail.ru, SPIN-code: 2861-4630, Author ID: 132403

³ aluchnikov@yandex.ru, SPIN-code: 7873-1387, Author ID: 820247

⁴ irvik13@gmail.com, SPIN-code: 1434-3422, RINTs Author ID: 148012, ORCID: 0000-0003-2152-9037

⁵ sofa.geo.perm@yandex.ru, SPIN-code: 3140-9097, Author ID: 1233297

⁶ k.krohaleva99@gmail.com

⁷ zlata_grigoreva_fox@mail.ru

⁸ mishyleo@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1829-1948>, SPIN-code: 3983-0165

⁹ chumakoff.r.v@gmail.com, SPIN-code: 6497-7465, Author ID: 1239674

¹⁰ zelyanskaya@gmail.com, SPIN-code: 7075-9178, Author ID: 326637

Abstract. In the context of increasing competition for applicants among universities, early career guidance and comprehensive collaboration between universities and schoolchildren are becoming increasingly important. Simply informing school graduates about study programs, educational programs design, and employment prospects is ineffective. Of paramount importance is systematic, meaningful collaboration between universities, schools, and teachers of specialized disciplines aimed at developing students' research skills and project-based work. The article examines the goals, content, and results of the 'Geographical foresight: Perm Krai-2035' project, implemented by the Perm Krai Branch of the Russian Geographical Society in collaboration with the Geography Department of Perm State University in 2024–2025.

The project aims to develop and deepen geographical knowledge, cultivate spatial and strategic thinking among the participants (teams of school students in grades 8–11), foster patriotism, interest, and love for their native land. As part of the project, schoolchildren studied the geographic features of municipalities, becoming familiar with their geographic location, natural landscapes, population characteristics, and economic activities. Using Creative Maps Studio, team members mapped the positive and negative features and processes of their municipality's socio-environmental and economic development. Then, using a foresight session format, they developed a vision of the future (by the year 2035) for the selected municipality, identifying key development priorities. At the end of the project, the students proposed their own solutions aimed at improving the municipal territory (human habitat). The team from the village of Yurla was selected as the winners. They proposed a project of the ecological trail named 'Russian Island', designed to create a new public space that would address recreational, educational, and cultural needs.

The article describes a methodological approach to organizing project activities, analyzes the composition of the project participants, and presents the students' perceptions of the current state of the municipalities and their vision of the future for the municipalities in Perm Krai.

Keywords: geographical foresight, career guidance, university applicant, geographical thinking, municipal unit, Perm Krai, Perm region

Funding: this publication was prepared under Grant No. 09/2024-R of the Russian Geographical Society 'Geographical Foresight: Perm Krai-2035'.

For citation: Zaitsev, A.A., Kulakova, S.A., Luchnikov, A.S., Nazarova, I.V., Turkhanova, S.Yu., Krokhaleva, K.A., Grigorieva, Z.I., Mishlanova, Ju.L., Chumakov, R.V., Zelianskaia, N.L. (2025). Experience of implementing the educational project 'Geographical foresight: Perm Krai-2035'. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 178–190. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-178-190 EDN: UDDGID

Введение

Продвижение вуза, а также популяризация высшего образования, определенных направлений подготовки как следующего этапа обучения современного молодого человека требует пересмотра подходов и технологий профориентационного взаимодействия с общеобразовательными учебными заведениями. Современное поколение обучающихся формируется и развивается в поле информационных технологий. Они окружены потоками разнообразных данных, уверенно выделяют достоверную (истинную) и недостоверную (фейковую) информацию. Молодые люди знают, что достичь цели можно разными способами и путями, в том числе это относится к решению вопросов трудаустройства и построения карьеры. В то же время они готовы работать с цифровыми инструментами, решать задачу «здесь и сейчас» в digital-среде наравне со взрослыми. Важным компонентом изменения

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

структуры и содержания профориентационной работы вузов в школах становятся новые технологии. Меняется методология непрерывного образования, внедряются проектные и продуктовые подходы, вовлекаются организации-партнеры [3, 5, 10, 12, 13]. В качестве проблемного поля профориентационной работы с современными поколениями необходимо выделить поиск более актуальных для настоящего времени инструментов для совместного взаимодействия обучающихся с представителями высшей школы.

В настоящее время профориентационная работа географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета (далее – ПГНИУ) претерпевает качественную трансформацию. Наряду с классическими форматами активно развивается проектный подход в работе со школьниками с привлечением организаций-партнеров факультета и университета. В 2024–2025 гг. в проектах Пермского краевого отделения Русского географического общества совместно с географическим факультетом ПГНИУ приняло участие более 7,5 тыс. школьников 8–11 классов г. Перми и Пермского края. Успешными совместными мероприятиями стали создание образовательного портала «География без границ» [4], просветительские лекции, мастер-классы ведущих специалистов в области наук о Земле, конкурсы фотографий и др.

С позиции географического знания и формирования географического мышления особенно интересными для школьников являются проекты, в которых они в формате ролевых игр и с применением ГИС-инструментов, инструментов веб-картирования могут представлять и решать проблемы развития локальных и микрорегиональных ареалов. В таких проектах сочетаются классический проектный метод решения прикладной задачи, географические методы комплексного анализа территории, командные навыки работы, цифровые инструменты представления результатов, сплоченная работа наставников и молодых участников. Образовательный проект «Географический форсайт: Пермский край 2035», проведенный совместно Пермским отделением РГО и географическим факультетом ПГНИУ, стал успешным примером такого слаженного и результативного командного взаимодействия и профориентационной работы. Он продолжил линейку совместных образовательных проектов географической и экологической тематики.

Целью статьи является представление специфики, методики организации и анализа результатов образовательного проекта в формате географического форсайта в рамках реализации гранта Русского географического общества. Под географическим форсайтом авторами понимается процесс изучения перспектив пространственного развития, включающий исследование региональных и (или) муниципальных особенностей, природных ресурсов, инфраструктуры и демографии для формулирования оптимальных путей решения проблем и раскрытия потенциала территории.

Методы и материалы

Описание участников проекта. В проекте приняло участие 16 команд, насчитывающих 102 участника – учеников 8–11 классов. Из них 45 % – юноши и 55 % – девушки. Работа каждой команды происходила под руководством школьного педагога. Команды представляли 10 муниципальных образований Пермского края (табл. 1). Полный цикл мероприятий проекта с подготовкой итоговой презентации выполнили 9 из 16 команд с общим числом участников в 56 человек.

Таблица 1
Table 1

Участники проекта «Географический форсайт: Пермский край 2035»

Participants in the project ‘Geographical foresight: Perm Krai-2035’

Муниципальное образование	Число команд: Начало проекта (итоговая защита)	Число участников, чел.
Городской округ – г. Пермь	3	20
Чайковский городской округ	3	18
Лысьвенский муниципальный округ	2	13
Кудымкарский муниципальный округ	2 (2)	14
Александровский муниципальный округ	1 (1)	5
Березниковский муниципальный округ	1	6
Березовский муниципальный округ	1 (1)	6
Сивинский муниципальный округ	1	6
Чердынский муниципальный округ	1 (1)	6
Юрлинский муниципальный округ	1 (1)	8
ИТОГО	16	102

Географическое образование

Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

Методика организации работ проекта

Описываемый проект можно разделить на несколько последовательно сменявших друг друга этапов. На рисунке 1 приведена схема реализации проекта, описаны ключевые этапы и их содержание, а также результаты работы участников проекта.



Рис. 1. Схема реализации проекта: этапы и их результаты
Fig.1. Project implementation scheme: stages and their results

На *первом этапе* в формате онлайн-лекции для школьников на примере Пермского края были раскрыты особенности и алгоритм выполнения географической характеристики и анализа территории, предложен шаблон презентации для выполнения домашней работы «Географическая характеристика муниципалитетов». В основе работы использован классический подход к географическому описанию территории, предложенный Н.Н. Баранским [1] и в дальнейшем дополненный Я.Г. Машбицем [8].

Ключевыми разделами презентации являются:

1) «визитная карточка» территории. Позволяет в генерализированном виде представить изучаемую территорию, используются как общие сведения о площади, конфигурации и т.д., так и данные о статусе муниципалитета, основных выполняемых функциях. В качестве образной информации применяются официальные символы, логотипы, местные названия, локальные бренды, цитаты из литературных и иных произведений и т.п.;

2) географическое положение. Раздел концентрирует внимание на особенностях размещения муниципалитета в пределах Пермского края, раскрывает его связи с иными территориями, фиксирует преимущества и недостатки его взаиморасположения с различными географическими объектами (реки, дороги, ареалы-соседи и т.д.). Подготовка раздела дает понимание роли территории в социально-экономическом развитии региона;

3) природно-ландшафтные условия и природные ресурсы. Раздел позволяет оценить вклад природы в процессы освоения изучаемой местности, охарактеризовать физико-географические условия хозяйствования и соотнести природные предпосылки с современными видами экономической деятельности и общественной жизни;

4) характеристика населения. Раздел дает возможность проанализировать динамику демографических процессов, включая естественное и механическое движение населения, позволяет изучить специфику проживания людей в городской или сельской местности в соответствии с природными, историко-культурными и иными факторами, определить влияние процессов расселения на социально-экономическое развитие муниципалитетов;

5) особенности экономики и отраслевой структуры хозяйства. Раздел генерализирует информацию о динамике экономических процессов, а также о приоритетных (специализированных) видах деятельности, определяющих занятость населения, их доходы и в конечном счете влияющих уровень и качество их жизни. Особо важно увидеть те экономические функции, которые могут стать драйверами роста в будущем;

6) уровень, качество и образ жизни людей. В этой части характеристики территории упор должен делаться уже не на территорию, а на процессы жизнедеятельности людей, проживающих в определенной среде и пространстве. Важно оценить наличие и доступность объектов социально-культурной, торговой, образовательной и иной сфер, а также понять, насколько люди удовлетворены теми условиями, в которых они находятся, какие из них формируют негативные тренды в образе жизни людей;

7) проблемы и перспективы развития. Является обязательным и всегда заключительным разделом в характеристике любой территории, так как обобщает всю собранную информацию, диагностирует «узкие места» в развитии территории, позволяет делать выводы и давать рекомендации, в том числе органам власти и органам местного самоуправления.

Географическое образование

Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишиланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

Предложенный план для изучения муниципалитетов отличается комплексностью, т.е. настраивает исследовательскую группу на изучение территории с разных позиций, но обязательно через выявление связей внутри классической триады географии «Природа – Человек – Хозяйство», создает возможности для установления причинно-следственных связей между объектами внутри географической оболочки и человеческой ойкумены, а также позволяет смотреть на любую территорию как на уникальную местность со своим специфическим набором свойств и характеристик.

На втором этапе работы проводилась серия проектных вебинаров с использованием программного онлайн-обеспечения Creative Maps Studio (<https://creativemaps.studio/>), разработанного сотрудниками ПГНИУ [2, 15].

Creative Maps Studio представляет собой векторный графический редактор, реализованный в виде веб-приложения. С его помощью можно графически отобразить на картосхеме отдельные объекты. Имеется также текстовый слой, включающий в себя название объекта, его описание (в формате Markdown), эмодзи, характеризующие объект (не более 10 на объект), и ссылку на внешний ресурс. Все элементы текстового слоя опциональны. Объекты могут быть следующих типов:

1. Точечные объекты. Заранее подготовленные векторные иконки – модели объектов, точными размерами которых можно пренебречь на карте заданного масштаба. На рисунке 2 объектами такого типа, например, являются здания, памятники, деревья;

2. Крупные объекты. Объекты произвольной формы и размера, залипые определенным цветом и, возможно, периодической текстурой. На рисунке 2 объектами такого типа, например, являются реки и дороги;

3. Контурные объекты. Контуры произвольной формы и длины, без заливки. На рисунке 2 объектами такого типа, например, являются границы населенного пункта.



Рис. 2. Наивная карта г. Чайковский
(команда участников «ТОП»)

Fig. 2. Naive map of the town of Tchaikovsky (TOP team)

Наивные карты, созданные в Creative Maps Studio, могут быть сохранены на сервер или скачаны на локальный компьютер в формате JSON. В случае необходимости их можно вновь загрузить в веб-приложение, дополнить или проанализировать как текстовую информацию в любой сторонней программе. В рамках данной работы собранные картосхемы были проанализированы исследователями в сторонних программах с применением нейросети Perplexity.

Ключевая задача вебинаров – создание командами участников наивных карт муниципальных образований с фиксацией не менее 10 важных «положительных» географических (социальные, промышленные, природные, историко-культурные и т.п.), а также не менее 10 «отрицательных» (свалки, загрязненные территории, разрушенные здания и т.п.) объектов. Все отмеченные объекты сопровождались текстовым описанием их характеристик. Пример выполненной наивной карты приведен на рис. 2.

Третий этап работы – форсайт-сессия «Пермский край-2035» – онлайн-мероприятие, основная задача которого заключается в формировании образа будущего муниципалитета глазами участников проекта. Форсайт-сессия включала в себя несколько последовательных этапов:

1. Фиксация современного состояния территории («плюсы» территории, «минусы» территории);
2. Формирование образа будущего: цель развития, не менее 5 «положительных» атрибутов образа будущего;
3. Формулировка задач развития территории;
4. Определение ключевых мероприятий для достижения образа будущего.

Помимо 5 «положительных» атрибутов образа будущего, участники проекта сформулировали:

- атрибут образа будущего, который недостижим в муниципалитете при современных социально-экономических условиях и технологическом развитии;
- результат, который может обеспечить команда участников собственными силами при наличии необходимых ресурсов.

Результатом двухдневной работы модераторов с участниками проекта стала презентация, в основу которой была положена заполненная схема форсайта (рис. 3).

Географическое образование
 Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
 Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

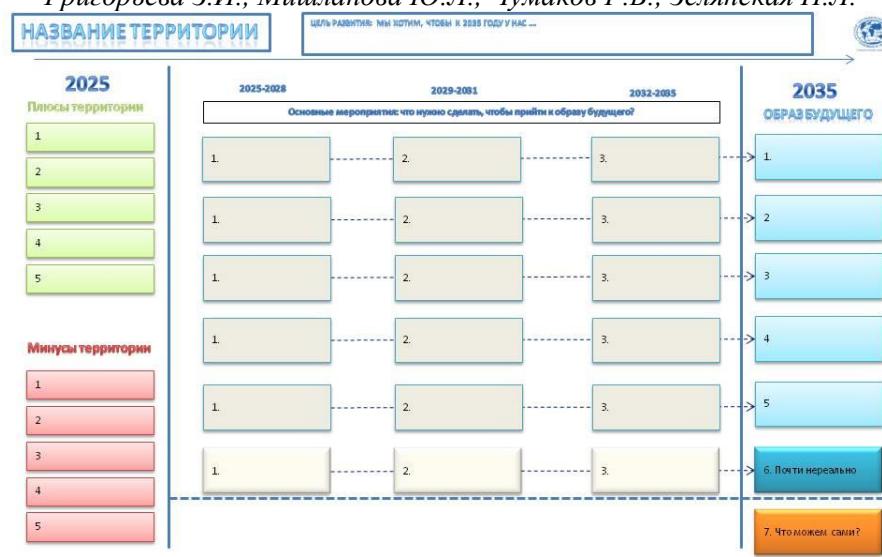


Рис. 3. Типовая форма презентации результатов форсайта
 Fig. 3. A typical form of the foresight results presentation

Завершающим этапом проекта стала разработка участниками собственного проекта, реализация которого возможна собственными силами при наличии установленного объема финансирования со стороны институтов развития (в частности, Русского географического общества) и поддержки местного сообщества. При оценке проектов использовали критерии по принципу «ВОДКА» (русскоязычная альтернатива технологии SMART), где «В» – это вовлеченность команды, «О» – ограниченность во времени, «Д» – достижимость, «К» – конкретность, «А» – актуальность [6].

Жюри проекта команды представили свои проекты в виде презентации. Для разработки презентационных материалов командам заранее был выслан шаблон презентации, состоявший из одиннадцати слайдов с рекомендуемым наполнением:

- титул (название проекта);
- проблема (доказательства ее существования);
- цель и границы проекта (масштаб);
- команда (опыт, квалификация, роль по проекту);
- сроки (сроки по конкурсу);
- календарный план;
- ресурсы проекта;
- бюджет проекта;
- продолжение проекта (устойчивость проекта).

Результаты проекта и их обсуждение

Школьники воспринимают как сильные стороны самые разные аспекты развития своих муниципальных образований – от экономического потенциала и культурного наследия до экологической чистоты и обеспеченности объектами социальной инфраструктуры. Ниже приведена обобщенная информация о сильных сторонах исследуемых муниципалитетов.

1. Образование и культурное наследие. Все команды отметили в качестве сильной стороны наличие и развитие образовательных учреждений разного уровня: от средних школ до профессиональных колледжей и филиалов вузов. Более половины команд подчеркнули важность образовательной инфраструктуры. Кроме того, шесть команд-участниц выделили сохранение памятников исторического и культурного наследия как значимый положительный фактор развития территории. Команда из Юрлы отметила открытие в селе модульной библиотеки.

2. Экономика. Развитие экономики муниципальных образований фигурирует в ответах девяти команд. Наличие крупных промышленных предприятий в качестве сильной стороны отметили команды из пос. Яйва, г. Чайковский и Лысьва. Активное развитие малого бизнеса – еще один часто выделявшийся аспект положительного развития (8 команд). Муниципалитеты с агроспециализацией (например, команда «Компас» из д. Перебор Березовского округа) фиксировали также развитие сельского хозяйства как важную часть муниципального хозяйства.

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

3. Развитие туризма и отрасли гостеприимства. Туризм как перспективная и активно развивающаяся сфера отмечен 10 командами. Создание туристских брендов, организация фестивалей и культурно-массовых мероприятий, по мнению школьников, способствуют развитию и повышению привлекательности муниципалитетов. Команды из Чайковского городского округа отмечают важность курортов как сильной стороны муниципалитета. В это время лишь две команды выделили туристскую инфраструктуру как важную составляющую образа будущего населенных пунктов. Это свидетельствует о слабом представлении школьников об эффективном функционировании индустрии туризма и гостеприимства. Туризм, скорее, лишь позиционируется как некий перспективный вектор развития.

4. Экология, спорт и благоустройство. Положительно оцениваются состояние природных памятников и охраняемых территорий (4 команды), наличие и развитие спортивно-оздоровительных комплексов и спортивных площадок (6 команд). Также позитивные тренды в благоустройстве территории и создании рекреационных зон (парков, скверов) как сильную сторону отметили участники из более чем половины команд. В то же время лишь одна команда (с. Юрла) отметила развитие медицины как сильную сторону территории. Тематика медицины вообще слабо рассматривалась участниками на протяжении всего проекта, что, вероятно, связано с особенностями целевой группы.

Каждая команда при работе с интерактивной средой Creative Map Studio выделила наиболее важные и положительно влияющие на развитие территории объекты. Анализ таблицы 2 показывает, что школьники среди ключевых положительных объектов в 2025 г. обозначают, прежде всего, учреждения культуры, церкви, учреждения образования, исторические достопримечательности и памятники, спортивные сооружения. В меньшей степени участники проекта фиксировали «положительную» значимость предприятий общепита, служб безопасности, библиотек, служб органов муниципального самоуправления. Лишь две команды отметили в качестве положительного объекта туристский глэмпинг на Голубых озерах (Александровский округ) и усадьбу художников Сведомских (Чайковский округ). Объекты с природной составляющей также редко фиксировались как положительные. Исключение составили Камское водохранилище (команда пос. Ильинского), ООПТ «Красное Плотище» (команда из г. Чайковского).

Команды муниципальных образований Пермского края выделяли особую значимость промышленных предприятий и крупных организаций вторичного сектора экономики как положительные объекты и фиксировали их на картосхеме, например Воткинскую ГЭС (команды из Чайковского), Яйвинскую ГРЭС (пос. Яива), крупные сельскохозяйственные предприятия (например, птицефабрику) и лесничества, месторождения нефти. Команда МАОУ «СОШ № 132» г. Перми из промышленных предприятий краевой столицы выделила лишь Пермскую печатную фабрику АО «Гознак». Это связано с расположением школы в непосредственной близости от указанного предприятия.

Таблица 2
Table 2

«Положительные» географические объекты на территории исследуемых муниципалитетов
'Positive' geographical features in the municipalities under study

Объекты	Количество команд, отмечивших категорию
Школы, гимназии, колледжи, учреждения СПО	10
Музеи, театры, дворцы культуры, драматические театры	9
Храмы, церкви, часовни	8
Больницы, медицинские учреждения	6
Парки, парки культуры и отдыха, скверы	7
Стадионы, спортивные комплексы	6
Администрации, суд, прокуратура	4
Магазины, торговые центры	5
Вокзалы, ГЭС, дамбы	5
Клубы, дворцы творчества, сельские дома культуры	6
Памятники, мемориалы, исторические достопримечательности	7
Библиотеки	3
Пожарная часть, полиция	3
Столовые, кафе, рестораны	3
Природные памятники	2

К ключевым проблемам территорий школьники отнесли сокращение численности населения, низкие доходы, недостаточно развитую среду обитания и качество оказываемых социальных услуг. Большинство команд подчеркивает необходимость активных мер по поддержке рождаемости, созданию рабочих мест и улучшению качества жизни через модернизацию коммунальной сферы, развитие культурной, спортивной и рекреационной инфраструктуры. Ниже приведены обобщенные данные анализа.

Географическое образование

Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишиланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.

1. Демографические риски. Серьезной проблемой для большинства муниципалитетов является сокращение количества проживающего населения, о котором упомянули 9 из 11 команд (82 %). Связанные с этим вопросы, например снижение рождаемости, отмечены тремя командами. Отток молодежи и отсутствие перспектив для населения особенно выделены командами Чердыни, Ильинского и Кудымкара, что, по их мнению, сказывается на социальном и экономическом развитии округов.

2. Экономика и уровень доходов. Низкая заработная плата и нехватка финансовых ресурсов были названы одной из главных проблем 6-ю командами (г. Кудымкар, г. Чайковский, д. Перебор, г. Лысьва). Также участники отметили отсутствие рабочих мест (Кудымкар), высокую стоимость жизни (Юрла) и повышение цен на основные продукты (Кудымкар).

3. Инфраструктура и коммунальные услуги. Проблемы с износом коммунальной инфраструктуры, а также недовольство качеством оказываемых коммунальных услуг и работой транспортной системы в крупных городах (Пермь) упомянуты двумя командами (18 %). Отмечено низкое качество дорог и освещение, низкая транспортная доступность, транспортная удаленность отдельных объектов командой из г. Чердынь. Плохое состояние дорог, ограниченный интернет-доступ зафиксировали школьники с. Юрла.

4. Здравоохранение и социальная сфера. Качество медицинских услуг вызывает недовольство у 3 команд (г. Чайковский, пос. Яйва, д. Перебор). Также отмечены проблемы с обеспечением медикаментами и нехваткой медицинских ресурсов. Снижение доступности культурных учреждений (театры, дома культуры), спортивных площадок и рекреационных зон, а также отсутствие учреждений среднего и высшего образования указано как проблема у шести команд.

5. Экология и благоустройство. К сложным и важным проблемам четыре команды относят загрязнение окружающей среды, деградацию природы и недостаток благоустройства среды обитания людей. Нехватка рекреационных зон и отсутствие экологических троп упомянуты командами г. Лысьвы, пос. Ильинского. К часто фиксируемой проблеме команды из малых городов относят дефицит общественных пространств.

Школьные команды из разных населенных пунктов выразили стремление видеть разнообразные объекты будущего, направленные на улучшение инфраструктуры, образование, культуру, спорт, природу и промышленность (табл. 3). Школьники выделяют широкий спектр ключевых объектов, которые они связывают с комфортной и развитой городской и сельской средой. Наиболее заметным является стремление к комплексному развитию инфраструктуры, сочетающему в себе современные образовательные учреждения, культурно-досуговые пространства и спортивно-оздоровительные объекты. Пропаганда здорового образа жизни формирует явный запрос участников на создание новых спортивных объектов. Бассейны и лыжные базы, стадионы и ФОКи отмечены как необходимые объекты в 2035 г. у шести команд.

Образование и наука имеют важное значение для участников проекта. Повсеместно отмечены детские центры, новые школы, филиалы вузов и новые учреждения СПО с направлениями подготовки для традиционных отраслей (лесное хозяйство, с. Юрла), так и сегмента нового технологического уклада (программирование, г. Кудымкар). Культурная и досуговая сфера воспринимается школьниками как основа для развития социального взаимодействия и творческого потенциала. Среди объектов отмечены кинотеатры, виртуальные музеи, театры и арт-пространства. Наиболее значим был запрос на зоопарки (4 команды).

Важной составляющей благоприятной среды населенного пункта участники проекта видят элементы водно-зеленого каркаса населенных пунктов [11], например зеленые насаждения и парки с необходимым обустройством. Потребность в этих объектах отмечена у восьми команд. В меньшей степени школьники уделили внимание развитию туристской инфраструктуры – лишь три команды акцентировали внимание на создании турбаз, гостиниц и горнолыжных комплексов.

В представлении школьников при развитии недвижимого имущества следует уделять внимание созданию новых жилых комплексов и общежитий (с. Юрла), социальных учреждений (районные суды, больницы, приюты), объектов рекреации и отдыха. Очень акцентировано внимание школьников на улучшении транспортной инфраструктуры. Существует запрос на строительство автовокзалов, реконструкцию речного вокзала (обе команды из г. Чайковского), железнодорожного вокзала (г. Пермь), реновацию аэропорта (г. Кудымкар), обновление парка автобусов (г. Кудымкар). Школьники г. Перми отдельно акцентировали внимание на создании метрополитена в г. Перми.

Участники в значимо меньшей степени (по сравнению с объектами социальной сферы) отмечают важность современных производств и высокотехнологичных объектов. Лишь четыре команды фиксируют важность развития новых производств, но конкретика указана лишь у трех команд. Создание предприятия роботостроения зафиксировано школьниками г. Перми; сельскохозяйственное предприятие с использованием альтернативной энергии – предложение школьников г. Чайковского. Необходимость создания новых производств без конкретизации зафиксирована у команд из пос. Ильинский и д. Перебор Березовского округа.

Таблица 3
Table 3

Объекты образа будущего населенных пунктов в 2035 г.
Objects in the future-vision municipalities by 2035

Команда	Образование, наука	Культура и досуг	Спорт и здравоохранение	Природа и туризм	Недвижимость, общественные пространства и деловые объекты	Промышленность и транспорт
Юрлинская СОШ (с. Юрла)	Лесотехнический техникум, новые школы в МО	Кинотеатр, виртуальный музей, аквапарк, торгово-развлекательный центр «Стрела»	Бассейн, приюты и лыжная база, Больница с родильным домом	парк, этнопарк «Русский остров» с гос-тиницей	Общежитие, новые жилые комплексы Районный суд	Автовокзал
Дети Ильича (г. Чайковский)	—	Арт пространство (центр культурного обмена и творчества)	Спортивно-патриотический центр	Экологический парк	Речной вокзал	Экоферма с солнечными панелями и ветряными турбинами
Мыслители (г. Кудымкар)	Детский центр, Филиал ПГНИУ	Зоопарк	Физкультурно-оздоровительный комплекс	Приют, пляж, места для отдыха,	Комплексное благоустройство, Благотворительный фонд	Новые автобусы
МБОУ СОШ № 132 (г. Пермь)	—	Зоопарк	—	—	—	Завод роботов, ж/д вокзал, метрополитен
Спиринцы (г. Чердынь)	—	Торговые центры, кафе и столовые аквапарк	—	Парк развлечений,	—	—
Эко друзья (г. Ильинский)	Новые детские площадки	—	Стадион/ ФОК	Экотропа	Гостиница, комплексное благоустройство	Новое производство, автостанция
Яйва (п. Яйва)	Детский лагерь	Театр, зоопарк	Школьный стадион	Пляж, туристическая база «Яйва», горнолыжный комплекс	—	—
Лысьвенские паруса (г. Лысьва)	—	Сказочные острова (в акватории пруда), Мемориал памяти педагога	Спортивный комплекс «Оазис здоровья» (в парке им. Пушкина)	«Тропа молодожёнов»	—	—
Компас (д. Перебор)	—	Центр для игр планетарий, зоопарк	—	Парк	Дом президента, главный храм	Военная база, новое производство, АЭС
ТОИ (г. Чайковский)	—	—	—	Экотропа	Озеленение улиц	Речной порт (реконструкция)

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

Весьма неоднозначными оказались результаты ответов на вопрос: какой объект/решение вы бы хотели видеть в своем населенном пункте, создание которого нереально или маловероятно. Ответ подготовили лишь 7 команд (табл. 4). Нельзя сказать, что большая часть этих решений или создание объектов невозможна из-за технологических ограничений. Скорее, школьники фиксируют социально-экономические ограничения и подчеркивают слабые перспективы развития собственных населенных пунктов.

Таблица 4
Table 4

Объекты образа будущего населенного пункта, создание которых маловероятно

Objects of the future-vision settlements that are unlikely to be created

Команда	Объект
Дети Ильича (г. Чайковский)	Комплексное развитие центра города
Мыслители (г. Кудымкар)	Кудымкарские термы
Компас (д. Перебор)	Переход на солнечную энергетику в с. Березовка
Пять континентов (г. Кудымкар)	Атомная электростанция
Эко-друзья (пос. Ильинский)	Ресторан
ТОП (г. Чайковский)	Формирование «умного города»
Юрлинская СОШ (с. Юрла)	Аквапарк

На завершающем этапе проекта команды участников включились в процесс генерации собственных предложений по развитию населенных пунктов. Всего на защиту вышло 9 команд с разработанными материалами (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Реестр проектов, подготовленных школьниками

The register of projects prepared by schoolchildren

Название команды	Название проекта	Комментарий
Пять континентов (г. Кудымкар)	«Линия жизни»	Историческая тропа, туристический маршрут по городу
Мыслители (г. Кудымкар)	«Природная зона отдыха на Изюре» (Красной горке)	Обустройство участка рекреационного назначения
Команда МБОУ «СОШ п. Яйва» (пос. Яйва)	«Экодворик»	Реализация проекта на территории школы
Искатели знаний (г. Юрла)*	Этнотропа «Русский остров»	Эколого-этнографический маршрут по территории школы
Лысьвенские паруса (г. Лысьва)	«Тропа молодоженов»	Маршрут по г. Лысьва
Компас (с. Березовка)	«Я познаю мир»	Экотропа на территории школы
Дети Ильича (г. Чайковский)	«Зеленый гид»	Интерактивное образовательное пространство на базе станции туризма
Экодрузья (г. Пермь)	«Создание комфортной пляжной зоны в Ильинском поселке»	Обустройство пляжной зоны поселка Ильинский
ТОП (г. Чайковский)	«Спортивный парк»	Озеленение спортивного стадиона г. Чайковский

* команда победитель

* winner team

Работа в группах на форсайт-сессии позволила расширить масштаб мышления участников, поднять самооценку, а также закрепить авторитет учителя. У участников через положительную практику стратегирования проекта снизились негативные стереотипы в отношении своей малой родины. Сначала командам было сложно соизмерить имеющиеся ресурсы и масштаб предлагаемых предложений. В ходе консультаций с наставниками эта проблема была устранена. Большинство предложенных решений – проекты благоустройства. Отличительной особенностью всех идей стало не только повышение комфортности среды, но и включение образовательного и/или просветительского аспекта. Для достижения своих целей участники проекта погрузились в географическую, экологическую аналитику и историю места. Представленные проекты предусматривали некоторое обу-

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

строительство территорий, способствующее объединению различных групп населения и совместному времяпрепровождению на открытом пространстве. Это особенно интересно, поскольку существует мнение, что школьники предпочитают онлайн-среду.

При обсуждении проектов члены жюри отмечали высокую актуальность проектных предложений и разную проработку проектов, что напрямую связано с вовлеченностью команд. Наиболее успешными оказались команды, сумевшие за короткий срок найти единомышленников. Это во многом повлияло на устойчивость проекта в целом и оказалось важным в ходе его защиты.

К сильным сторонам команд-лидеров по итогам защиты можно отнести: знание географии и культуры, истории и традиций, приверженность к этническим и культурным ценностям, патриотизм, любовь к малой родине. Следует отметить решающую роль учителя-наставника в организации и сопровождении работы. К слабым сторонам почти всех команд можно отнести: заниженную самооценку своих возможностей, неумение соотносить масштаб планируемого и реально достижимого в рамках проекта, слабую финансовую грамотность и недооценку рисков и/или их игнорирование. Команда-победитель («Искатели знаний», с. Юрла) представила наиболее реальный проект, достижимость которого не вызывала сомнений с технической и ресурсной стороны. Кроме этого, победители выгодно отличались проработкой дальнейшего обустройства после завершения проекта. Иными словами, текущая реализация – только начало более масштабного обустройства тропы «Русский остров».

Выходы

1. Методически географический форсайт представляет собой набор традиционных и инновационных образовательных инструментов, позволяющий формировать стратегическое и пространственное мышление у участников. В результате участия в проекте у школьников закреплены знания о географии и истории своей малой родины, сформированы умения картографирования и аналитики разнородных данных, а также навыки проектного мышления.

2. Участники выделили в своих муниципальных образованиях как сильную сторону наличие важных образовательных учреждений, объектов культурного наследия, реже – промышленных, природно-рекреационных объектов. Вместе с тем они определяли значительные социально-экономические и инфраструктурные проблемы: проявление демографического кризиса, низкие доходы населения, недостаток рабочих мест, дефицит качественно благоустроенных пространств, изношенность коммунальных услуг, ограниченный доступ к объектам здравоохранения и другой социальной инфраструктуре. Экологическая ситуация также в ряде случаев вызвала обеспокоенность участников.

3. Образ будущего населенных пунктов в 2035 г. глазами школьников формируется вокруг комплексно развитой среды обитания людей с качественным образованием, современной культурно-досуговой сферой, спортивной инфраструктурой и благоприятной окружающей природной средой. Особое внимание уделяется улучшению транспортной инфраструктуры, созданию новых жилых и социальных объектов. В то же время развитие высокотехнологичных и промышленных производств воспринимается менее приоритетным. Практически игнорируются вопросы безопасности и медицины.

Библиографический список

1. Баранский Н.Н. Избранные труды. Научные принципы географии / В.А. Анучин и др. М.: Мысль, 1980. 239 с. EDN: VNIOTJ
2. Белоусов К.С., Павлова Д.С. Геоконцепты российских городов в языковом сознании воспитанников образовательного центра «Сириус» // Социо- и психолингвистические исследования. 2020. № 8. С. 61–70. EDN: APAGRN
3. Боев Д.Е., Чурсин А.А., Подопригора А.В., Боев С.Н., Ловчикова И.А., Вислова О.П., Сергеева О.С., Жуков А.А. Профориентационная работа со школьниками – неотъемлемая часть работы мультипрофильного аккредитационно-симуляционного центра // Виртуальные технологии в медицине. 2021. № 3 (29). С. 126–127. DOI: 10.46594/2687-0037_2021_3_1324 EDN: PTYZCQ
4. Зайцев А.А., Кулакова С.А., Фролова И.В., Харин Р.В. География без границ: информационный портал и его возможности // Географический вестник=Geographical bulletin. 2024. № 1 (68). С. 189–199. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-1-189-199 EDN: FHFKVF
5. Квитка А.В. Профориентация для поколения «зумеров» // Профессиональное самоопределение школьников: опыт, традиции и инновации: мат. II Всерос. научно-практ. конф. Сургут, 2023. С. 24–26. EDN: SMJSFS
6. Котельников В. Принцип ВОДКИ в работе с целями. URL: https://academyumo.ru/st_vodka (дата обращения: 07.08.2025)
7. Лужка П. Стратегическая форсайт-сессия в области образования. URL: <http://metaver.net/2011/edu2030/> (дата обращения: 28.08.2017)
8. Машибиц Я.Г. Новые рубежи страноведения // Проблемное страноведение и мировое развитие: сб. науч. ст. Смоленск: Изд-во Смол. гум. ун-та, 1998. С. 13–22.
9. Минеев А. О форсайте. URL: <https://sites.google.com/site/foresightprm/> (дата обращения: 02.09.2017)
10. Наконечинюк Н.В., Резцова Е.М. Новое поколение – новые подходы: образование для зумеров и альф // Теория и практика стратегирования. Кемерово, 2025. С. 228–236. EDN: OJPMMFX
11. Национальный стандарт мастер-планов. URL: <https://xn--90ab5f.xn--plai/natsionalnyy-standard-master-planov/> (дата обращения: 17.08.2025)
12. Овсиенко Л.В., Зимина И.В. Модель профориентационной работы вуза в контексте непрерывного образования // Высшее образование в России. 2020. № 12. С. 134–143. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-12-134-143 EDN: XNJXAC
13. Сотников Г. Теория поколений: Чем отличаются зумеры, бумеры, миллениалы, поколения Х и альфа. URL: <https://tg.ru/2024/03/01/teoriia-pokolenij-chem-otlichaiutsia-zumery-bumery-millenialy-pokoleniia-x-i-alfa.html> (дата обращения: 03.09.2025)
14. Чуланова О.Л. Форсайт-сессии как инновационный инструмент стратегического управления и работы проектных команд // Материалы Афанасьевских чтений. 2018. № 1 (22). С. 28–36. EDN: VXJAIX
15. Chumakov R.V., Ryabinin K.V., Belousov K.I., Duan J. Creative Map Studio: A Platform for Visual Analytics of Mental Maps // Scientific Visualization. 2021. Vol. 13, No. 2. P. 79–93. DOI: 10.26583/sv.13.2.0 EDN: LWYAFX

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишилanova Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

References

1. Baransky, N.N. (1980). *Selected works. Scientific principles of Geography*. Editorial board: V.A. Anuchin et al., Moscow: Mysl.
2. Belousov, K.S., Pavlova, D.S. (2020). Geoconcepts of Russian cities in the linguistic consciousness of pupils of the Sirius educational center. *Socio- and psycholinguistic researches*. No. 8. Pp. 61–70.
3. Boev D.E., Chursin A.A., Podoprigora A.V., Boev S.N., Lovchikova I.A., Vislova O.P., Sergeeva O.S., Zhukov A.A. (2021). Career guidance work with schoolchildren is an integral part of the work of the multiprofile accreditation and simulation center. *Virtual technologies in medicine*. No. 3(29). Pp. 126–127.
4. Zaitsev A.A., Kulakova S.A., Frolova I.V., Kharin R.V. (2024). Geography without borders: an information portal and its capabilities. *Geographical Bulletin*. № 1(68). Pp. 189–199.
5. Kvitska A.V. (2023). Career guidance for the generation of “zumers”. *Professional self-determination of schoolchildren: experience, traditions and innovations*: mat. II All-Russian Scientific and Practical Conference Surgut. Pp. 24–26.
6. Kotelnikov V. *The principle of VODKA in working with goals*. URL: https://academyumo.ru/st_vodka (date of access: 08/07/2025).
7. Luksha P. Strategic foresight session in the field of education. URL: <http://metaver.net/2011/edu2030> (date of access: 28.08.2017).
8. Mashbits, Ya.G.(1998). New frontiers of regional studies. *Problematic regional studies and world development: collection of scientific articles*. Smolensk: Publishing house Smol. gum. University. Pp. 13–22.
9. Mineev, A. About forsyte. URL: <https://sites.google.com/site/foresightprm> (date of access: 09/02/2017).
10. Nakoneshnyuk, N.V., Reztsova, E.M. (2025). New generation - new approaches: education for zoomers and alphas. *Theory and practice of strategizing*. Kemerovo. Pp. 228–236.
11. National standard of master plans. URL: <https://xn--90ab5f.xn--p1ai/natsionalnyy-standard-master-planov> (date of reference: 08/17/2025).
12. Ovsienko, L.V., Zimina, I.V. (2020). The model of vocational guidance work of the university in the context of continuing education. *Higher education in Russia*. No. 12. Pp. 134–143.
13. Sotnikov G. Theory of generations: What is the difference between zoomers, boomers, millennials, generations X and alpha. URL: <https://rg.ru/2024/03/01/teoriia-pokolenij-chem-otlichaiutsia-zumery-bumery-millenialy-pokoleniia-x-i-alfa.html> (date of reference: 09/03/2025).
14. Chulanova, O.L. (2018). Foresight sessions as an innovative tool for strategic management and the work of project teams. *Materials of the Afanasiiev Readings*. No. 1(22). Pp. 28–36.
15. Chumakov, R.V., Ryabinin, K.V., Belousov, K.I., Duan, J. (2021). Creative Map Studio: A Platform for Visual Analytics of Mental Maps. *Scientific Visualization*. Vol. 13, № 2. Pp. 79–93. DOI: 10.26583/sv.13.2.0

Статья поступила в редакцию: 21.06.25, одобрена после рецензирования: 22.08.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 June 2025; approved after review: 22 August 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Андрей Аркадьевич Зайцев

кандидат географических наук, доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, декан географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Andrey A. Zaitsev

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Biogeocenology and Nature Protection, Dean of the Faculty of Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: rabbitzay@yandex.ru

Светлана Александровна Кулакова

кандидат географических наук, доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Svetlana A. Kulakova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Biogeocenology and Nature Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: kulakovasa@mail.ru

Андрей Сергеевич Лучников

старший преподаватель кафедры социально-экономической географии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Andrey S. Luchnikov

Senior Lecturer, Department of Socioeconomic Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: aluchnikov@yandex.ru

Ирина Викторовна Назарова

кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Irina V. Nazarova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: irvik13@gmail.com

Софья Юрьевна Турханова

аспирант кафедры социально-экономической географии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Sofia Yu. Turkhanova

Postgraduate Student, Department of Socioeconomic Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: sofa.geo.perm@yandex.ru

Географическое образование

*Зайцев А.А., Кулакова С.А., Лучников А.С., Назарова И.В., Турханова С.Ю., Крохалева К.А.,
Григорьева З.И., Мишланова Ю.Л., Чумаков Р.В., Зелянская Н.Л.*

Ксения Артемовна Крохалева

аспирант кафедры политических наук,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Ksenia A. Krokhaleva

Postgraduate Student, Department of Political Science,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: k.krokhaleva99@gmail.com

Злата Игоревна Григорьева

студент географического факультета,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Zlata I. Grigorieva

Student, Faculty of Geography, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: zlata_grigoreva_fox@mail.ru

Юлия Леонидовна Мишланова

аспирант кафедры биогеоценологии и охраны природы,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Julia L. Mishlanova

Postgraduate Student, Department of Biogeocenology and
Nature Protection, Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: mishyleo@rambler.ru

Роман Владимирович Чумаков

аспирант физико-математического института,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

Roman V. Chumakov

Postgraduate Student, Institute of Physics and Mathematics,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: chumakoff.r.v@gmail.com

Наталья Львовна Зелянская

кандидат филологических наук, доцент,
Белорусский государственный университет;
220004, Белоруссия, г. Минск, ул. Кальварийская, 9

Natalia L. Zelianskaia

Candidate of Philological Sciences, Associate Professor,
Department of Media Linguistics and Editing,
Belarusian State University;
9, Kalvaryiskaya st., Minsk, 220004, Belarus

e-mail: zelyanskaya@gmail.com

Вклад авторов

Зайцев А.А. – идея, разработка методики, написание статьи.

Кулакова С.А. – анализ проектов школьников, написание статьи.

Лучников А.С. – методика географического описания муниципалитетов, научное редактирование текста.

Назарова И.В. – обзор практик, написание статьи.

Турханова С.Ю. – анализ результатов проектной деятельности школьников, техническое редактирование текста.

Крохалева К.А. – анализ результатов проектной деятельности школьников.

Григорьева З.И. – анализ результатов проектной деятельности школьников.

Мишланова Ю.Л. – описание функционала Creative Map Studio.

Чумаков Р.В. – описание функционала Creative Map Studio.

Зелянская Н.Л. – описание функционала Creative Map Studio.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Andrey A. Zaitsev – the concept; methodology development; writing of the article.

Svetlana A. Kulakova – analysis of student projects; writing of the article.

Andrey S. Luchnikov – methodology for the geographical description of the municipalities; scientific editing.

Irina V. Nazarova – review of practices; writing of the article.

Sofia Yu. Turkhanova – analysis of student project results; technical editing.

Ksenia A. Krokhaleva – analysis of student project results.

Zlata I. Grigorieva – analysis of student project results.

Julia L. Mishlanova – description of Creative Map Studio functionality.

Roman V. Chumakov – description of Creative Map Studio functionality.

Natalia L. Zelianskaia – description of Creative Map Studio functionality.

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

Научное издание

Географический вестник
Geographical Bulletin

Выпуск №4(75)/2025

Редактор *A.C. Серебренников*
Корректор *C.A. Вороненко*
Компьютерная верстка *C.B. Вяткина*

Подписано в печать 24.12.2025. Выход в свет 26.09.2025.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 22,20. Тираж 500 экз. Заказ № 152

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/?phrase_id=396141. Подписной индекс 41001

Распространяется бесплатно и по подписке

