

Географический вестник
= *Geographical bulletin*

Выпуск 2/2025

Научный журнал

Основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год

Geographical Bulletin

Issue 2/2025

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*

Главный редактор

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

Адрес учредителя и издателя:

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

Адрес редакции:

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

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

FOUNDER

Perm State University

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

Editor-in-Chief

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

Address of the founder and publisher:

15, Bukireva st., Perm, Russia, 614068

Address of the editorial board:

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

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

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

Анимитса Евгений Георгиевич, д.г.н., проф., заведующий кафедрой региональной и муниципальной экономики 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., член-корреспондент РАН, проф. кафедры физической географии и ландшафтоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, (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)
заведующий лабораторией геохимии природных вод Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

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

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

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

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

EDITORIAL COUNCIL

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

Evgeny G. Animitsa, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of Regional and Municipal Economy, 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, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Studies of the Lomonosov Moscow State University, (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, Deputy Director of the Institute of Environmental Radioactivity of Fukushima University (Fukushima, Japan)

Head of the Laboratory 'Geochemistry of natural waters' of the Lomonosov Moscow State University, (Moscow, Russia)

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

Kholnazar M. Mukhabatov Doctor of Geographical Sciences, Professor Tajik State Pedagogical University named after 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****6****PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES
AND GEOMORPHOLOGY****Назаров Н.Н., Назарова И.В.****6****Nazarov N.N., Nazarova I.V.**

К вопросу о степени соответствия природных условий мест нового заселения этнических групп территориям исхода (на примере Пермского Прикамья)

On the degree of similarity between the natural conditions in the new places of ethnic groups' settlement and the territories of origin (a case study of the Perm Prikamye region)

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ
И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ****17****ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL
GEOGRAPHY****Плотникова А.П.****17****Plotnikova A.P.**

Пространственные особенности размещения трудового потенциала Калининградской области

Spatial features of the labor potential distribution in the Kaliningrad region

Демидова К.В., Макушин М.А.**31****Demidova K.V., Makushin M.A.**

Постсоветские трансформации городского пространства Казахстана и Кыргызстана (на примере Алматы и Бишкека)

Post-Soviet transformations of urban space in Kazakhstan and Kyrgyzstan (the cases of Almaty and Bishkek)

Спирин М.И., Харламова М.Д.**44****Spirin M.I., Kharlamova M.D.**

Многофакторная оценка эффективности работы комплексов по переработке отходов (КПО) на территории Московской области

Multifactor assessment of the efficiency of waste treatment complexes in the Moscow region.

Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.**57****Panasyuk M.V., Shaimardanova V.V.**

Особенности функциональной организации пространства Казанской городской агломерации

Functional organization of the Kazan urban agglomeration space

Оломский А.А., Попкова Л.И.**67****Olomsky A.A., Popkova L.I.**

Трансформация городского расселения Центрального Черноземья

Transformation of urban settlement patterns in the Central Chernozem Region

ГИДРОЛОГИЯ**81****HYDROLOGY****Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.****81****Lobanov V.A., Goroshkova N.I., Strizhenok A.V., Semenova D.A.**

Оценка влияния современного изменения климата на характеристики ледового режима рек бассейна Северной Двины

Assessment of the modern climate change impact on the ice regime characteristics on the rivers in the Northern Dvina basin

Демин А.П.**94****Demin A.P.**

Оценка водопотребления в российской части бассейна трансграничной реки Урал на период до 2035 г.

Assessment of water consumption in the Russian part of the transboundary Ural River basin for the period until 2035

МЕТЕОРОЛОГИЯ**105****METEOROLOGY****Подрезова Ю.А.****105****Podrezova Yu.A.**

Современное изменение климата в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины

Modern climate change in the central and southern parts of the forest-steppe zone of the Russian Plain

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**116****ECOLOGY AND NATURE USE****Абдулманова И.Ф.****116****Abdulmanova I.F.**

Методические основы оценки состояния экосистем Кунгурской лесостепи

Methodological basis for assessing the state of Kungur forest-steppe ecosystems

Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносов А.О. Влияние типа леса и типа лесорастительных условий на устойчивость пихтовых древостоев подзоны южной тайги Пермского края к заселению уссурийским полиграфом	130	Ivanchina L.A., Rotehrmel' E.E., Bol'shakov E.G., Shilonosov A.O. The influence of the type of forest on the resistance of fir stands in the southern taiga subzone of Perm Krai to colonization by the four-eyed fir bark beetle
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В. Накопление атмосферных выпадений потенциально токсичных элементов во мхах города Перми	141	Gatina E.L., Sannikov P.Yu., Chetyrkina V.V. Bioaccumulation of potentially toxic elements in mosses resulting from atmospheric deposition (a case study of the city of Perm)
Васюков Е.С. Взаимодействие человека с сивучами (<i>Eumetopias jubatus</i>) в городской среде г. Петропавловска-Камчатского и г. Невельска	154	Vasyukov E.S. Human interactions with Steller sea lions (<i>Eumetopias jubatus</i>) in the urban environment of Petropavlovsk-Kamchatsky and Nevelsk
Сыстерова А.В., Борисов А.А. Оценка антропогенного воздействия на водосборы охраняемого ландшафта «Черняевский лес»	164	Systerova A.V., Borisov A.A. Assessment of the anthropogenic impact of the protected landscape 'Chernyaevsky Forest' on watersheds
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ	176	RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM
Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б. Рекреационная привлекательность родников, перспективных для включения в региональную сеть ООПТ (на примере Новооскольского района Белгородской области)	176	Novykh L.L., Orekhova G.A., Martsinevskaya L.V., Gaidenko E.M., Solovyov A.B. Recreational attractiveness of springs having prospects for inclusion in the regional network of protected areas (the case of the Novooskolsky District of Belgorod Oblast)
Коньшев Е.В. Моделирование факторов устойчивого развития туризма (экономико-институциональный аспект)	188	Konyshev E.V. Modeling factors of sustainable development of tourism (the economic-institutional aspect)

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Назарова И.В.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 911.37

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-6-16

EDN: ZDZOCs



К ВОПРОСУ О СТЕПЕНИ СООТВЕТСТВИЯ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ МЕСТ НОВОГО ЗАСЕЛЕНИЯ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП ТЕРРИТОРИЯМ ИСХОДА (НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ)

Николай Николаевич Назаров¹, Ирина Викторовна Назарова²

¹ Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹ nikolainazarovpsu@gmail.com, SPIN-код: 6367-3382, РИНЦ Author ID: 1236, ORCID: 0000-0002-3611-5729

² irvik13@gmail.com, SPIN-код: 1434-3422, РИНЦ Author ID: 148012, ORCID: 0000-0003-2152-9037

Аннотация. Изучение этнического опыта переселения народов на новые места проживания осуществлено на примере южной части Пермского Прикамья. Предпринята попытка установить степень соответствия природных условий современного компактного проживания этнических групп (марийцев, удмуртов, татар, башкир) природным условиям территорий исхода. Дана оценка характеристикам рельефа, позволившим сохранить традиционную систему жизнеобеспечения и не «раствориться» в массе переселенцев других этнических групп и коренного населения. В качестве оценочных показателей рассматривались количественные параметры рельефа, которые напрямую или в интегрированном виде отвечали и отвечают за образ жизни и стереотип поведения народа. К факторам сохранения систем природопользования были отнесены природные ресурсы и ландшафтные особенности, обеспечивающие возможность ведения хозяйственных («кормящих») работ, дающие определенную комфортность и относительную безопасность проживания. В первую очередь, это рельеф и водные объекты – ведущие факторы обеспечения условий ведения земледелия. Зональный тип ландшафта прямо или косвенно отвечает за условия ведения животноводства, собирательства, бортничества, охоты и некоторых других видов традиционного природопользования и хозяйствования. Сделан вывод, что для этнических групп, у которых среди традиционных занятий ведущую роль играло земледелие, геоморфологические особенности новых территорий и их принадлежность к определенным типам ландшафта при наличии «кормящих» геосистем – субгоризонтальных элементов рельефа (потенциальных агроугодий) – не являются лимитирующими факторами. Существование определенных различий в рельефе «старого» и «нового» ландшафтов говорит о гибкости этнической рефлексии к изменившимся природным условиям и достаточной устойчивости этнических групп к факторам, воздействующим на стереотип их поведения и способы хозяйствования.

Ключевые слова: ландшафт, Пермское Прикамье, природные условия, этническая группа, народ, месторазвитие, территория исхода, расчлененность рельефа

Для цитирования: Назаров Н.Н., Назарова И.В. К вопросу о степени соответствия природных условий мест нового заселения этнических групп территориям исхода (на примере Пермского Прикамья) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 6–16. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-6-16. EDN: ZDZOCs

PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-6-16

EDN: ZDZOCs

ON THE DEGREE OF SIMILARITY BETWEEN THE NATURAL CONDITIONS IN THE NEW PLACES OF ETHNIC GROUPS' SETTLEMENT AND THE TERRITORIES OF ORIGIN (A CASE STUDY OF THE PERM PRIKAMYE REGION)

Nikolai N. Nazarov¹, Irina V. Nazarova²

¹ Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch RAS, Vladivostok, Russia

² Perm State University, Perm, Russia

¹ nikolainazarovpsu@gmail.com, SPIN-code: 6367-3382, RSCI Author ID: 1236, ORCID: 0000-0002-3611-5729

² irvik13@gmail.com, SPIN-code: 1434-3422, RSCI Author ID: 148012, ORCID: 0000-0003-2152-9037



© 2025 Эта работа Назарова Н.Н., Назаровой И.В. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Назаров Н.Н., Назарова И.В.*

Abstract. The authors study ethnic experience in choosing new territories of settlement; the southern part of the Perm Prikamye region is taken as an example. An attempt is made to establish the similarity degree of the natural conditions of modern compact residence of ethnic groups (Mari, Udmurts, Tatars, Bashkirs) and the natural conditions of their territories of origin. The paper provides an assessment of the relief characteristics that made it possible to preserve the traditional livelihood system and not to 'dissolve' among other ethnic groups and the indigenous population. Quantitative characteristics of the relief that are directly or indirectly responsible for the lifestyle and behavioral stereotype of the people were considered as evaluation indicators. Natural resources and landscape features that provide the possibility of carrying out economic activities and ensure a certain comfort and relative safety of residence were considered as factors of the nature management systems preservation. First of all, this is the relief and water bodies, these being the major factors in ensuring farming conditions. The zonal type of landscape is directly or indirectly responsible for the conditions of cattle breeding, gathering, beekeeping, hunting, and some other types of traditional nature use and management. It is concluded that for ethnic groups for which farming played the leading role among traditional occupations, geomorphological features of new territories and their belonging to certain types of landscape in the presence of 'feeding' geosystems – subhorizontal elements of the relief (potential agricultural lands) – were not limiting factors. The existence of certain differences in the relief of the 'old' and 'new' landscapes indicates the flexibility of ethnic reflection with regard to changing natural conditions and the sufficient resistance of ethnic groups to factors influencing the stereotype of their behavior and methods of economic management.

Keywords: landscape, Perm Prikamye region, natural conditions, ethnic group, nation, developmental place, territory of origin, topography

For citation: Nazarov, N.N., Nazarova, I.V. (2025). On the degree of similarity between the natural conditions in the new places of ethnic groups' settlement and the territories of origin (a case study of the Perm Prikamye region). *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp.6–16. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-6-16. EDN: ZDZOCs

Введение

Изучение этнического опыта выбора группами переселенцев новых территорий проживания представляет интерес не только в рамках решения фундаментальных вопросов этногеографии, но, безусловно, имеет и практическую направленность. Результаты исследований могут стать фактологической основой для определения границ этнической толерантности народов к новым условиям проживания при разработке стратегии освоения новых регионов, развитии этномедицины, этнической экологии и некоторых других направлений прикладного характера [10, 44, 34, 2]. Одним из вопросов является роль и значимость природных условий в процессе выбора этническими группами новых мест постоянного проживания. Его решение позволит понять причины, следствия сохранения или, напротив, разрушения этнической культуры и традиционной системы жизнеобеспечения при смене «родных» ландшафтов, с которыми связана история становления народа [17, 46, 42, 13, 30]. Прямую связь с причинами выбора переселенцами той или иной территории может иметь установление пределов адаптационного потенциала у представителей разных этнических групп, совершавших исход с территорий с разными природными условиями [18, 29].

Примером попытки оценить роль ландшафта при выборе территории нового проживания является вывод Л.Н. Гумилева [11] о степени разнообразия природных комплексов как факторе предпочтительности таких районов для заселения. По его мнению, в качестве критерия (предпочтения) особого вида выступает неосознанная (не сформулированная до уровня предписания) потребность людей в «разнообразии» окружающего их пейзажа. Утверждается, что при заселении нового пространства высокой степенью этничности обычно характеризуются территории, вблизи которых, как и в местах формирования этнических групп, часто проходит граница двух и более типов ландшафта. Добавим, что кроме эстетической составляющей, присутствующей при выборе места проживания, нельзя исключить и практическую выгоду от ландшафтного разнообразия. В этом случае «продовольственное» благополучие переселенцев из-за возрастания разнообразия и доступности биологического компонента становится более устойчивым, поскольку к основным специализациям ведения хозяйства – земледелию и/или скотоводству – могут добавляться собирательство, бортничество, охота, рыболовство.

Историческим периодом, в котором миграции этнических групп на территории современной России имели массовый характер, стал конец Средневековья – начало Нового времени. Начиная со второй половины XVI в. и на всем протяжении следующего столетия, происходил вынужденный исход части населения из мест прежнего проживания на новые территории. В основном это касалось Среднего Поволжья и правобережной части бассейна нижней Камы – территорий, из которых марийцы, татары и удмурты в результате падения Казанского ханства и присоединения к Русскому государству, сопровождавшегося христианизацией местного населения, начали переселяться в относительно малоосвоенные территории Предуралья – бассейны рек Сылвы, Тулвы, Буя.

До настоящего времени роль и значимость адаптогенных экологических факторов, определяющих набор основных критериев, по которым, возможно неосознанно, происходил отбор новых территорий проживания с отличными («не родными») природными условиями, остаются практически не изученными. Данная ситуация характерна для большинства этнических групп, совершавших исход из мест своего формирования, и требует к себе внимания, а также проведения специальных исследований со стороны ландшафтоведов, геоморфологов и других представителей естественнонаучных направлений.

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Назаров Н.Н., Назарова И.В.*

Цель исследования – на примере этнических групп, переселившихся в Пермское Прикамье и сохранивших свою идентичность и этническую устойчивость, установить характер влияния природных факторов на выбор территории нового проживания.

Материалы и методы

По имеющимся данным, представленным в работах пермских и российских этнографов и историков [37–40, 13], к моменту массового притока выходцев из Среднего Поволжья и правобережья нижней Камы (конец XVI в.) значительные площади территории, лежащей к югу от широты г. Перми, были заняты девственными лесами с фрагментами степных урочищ в районах развития карста. В этот период в бассейнах рек Сылвы, Тулвы, Буя, в верховьях р. Быстрый Таныш проживало немногочисленное коренное население, состоявшее в основном из представителей угротюркских племен [26]. Несколько ранее (XIII–XIV вв.) на эту территорию с юга пришли башкиры, спасаясь от набегов и давления кипчаков. Как и на территориях их исконного проживания, основными занятиями башкир в Пермском Прикамье в тот период стали полукочевое скотоводство, охота, рыболовство и бортничество.

Пионерами массового заселения южной части Пермского края и до настоящего времени сохраняющими «этническую чистоту» на некоторых его территориях являются марийцы и удмурты. Сегодня в отдельных сельских поселениях состав жителей практически полностью состоит из представителей одной этнической группы. К народам-переселенцам, также составляющим по национальному составу большинство в нескольких районах Пермского Прикамья, относятся и татары. Придя одновременно с марийцами и удмуртами на пермские земли, они в результате ассимиляции ранее проживавших здесь народов, а также частично марийцев и удмуртов образовали в Сылвенско-Иренском поречье этническую группу *сылвенско-иренских татар*. Кроме того, в результате продолжающейся до настоящего времени интеграции с родственной тюркской культурой башкир была сформирована этническая группа *тулвинских татар и башкир*, представители которой сегодня компактно проживают в Тулвинском поречье [27, 36, 41]. В процессе расширения тулвинскими татарами территории расселения были образованы их локализованные группы в бассейне р. Мулянка с высокой долей ассимилированных в них представителей этносов-аборигенов.

Наиболее оправданным подходом к изучению адаптогенных экологических факторов будет являться установление степени соответствия нового, «приобретенного» ландшафта старому исходному («родному») *месторазвитию* – неповторимому сочетанию элементов ландшафта, где этническая группа впервые сложилась как система [11, 3]. Важным моментом в проведении такой сопоставимости является определение диапазона критических границ (если такие существуют? – *авт.*) изменчивости природных условий, отвечающих за ведение переселенцами традиционного хозяйствования в новых условиях.

Говоря о природных условиях (вертикальная и горизонтальная расчлененность рельефа, климат, видовое разнообразие дикоросов и др.), логично предположить, что при выборе новой территории проживания народ, у которого на момент исхода *земледелие* являлось главным источником существования, в первую очередь, отдавал предпочтение районам с относительно ровным и/или слаборасчлененным рельефом. В связи с преимущественно переложной и трехпольной системой земледелия, действующей в средние века во всем Нечерноземье, качество почв при раскорчевке лесных участков уходило на второй план, поэтому нами в работе не рассматривается. Для этнических групп, занимавшихся преимущественно *полукочевым скотоводством*, «новые» территории, безусловно, должны были включать в себя предгорные, суходольные или пойменные луга с достаточной кормовой базой. При этом, по-видимому, каких-либо особых ограничений по морфологии и морфометрии элементов рельефа как фактора выбора территории для нового местожительства не было.

Основным методом исследования стал сравнительный анализ природных характеристик районов нового заселения и месторазвития и территорий исхода этнических групп (рис. 1). Изучение лимитирующих факторов выбора новых территорий для проживания построено на оценке особенностей ландшафтов, из которых осуществлялся исход [4]. В качестве таких показателей рассматривались количественные параметры рельефа, которые напрямую или в интегрированном виде отвечали и в значительной степени сегодня отвечают за образ жизни, культуру расселения и природопользования. К ним также можно отнести природные ресурсы, обеспечивающие возможность ведения хозяйственных («кормящих») работ, дающих определенную комфортность и относительную безопасность проживания [16, 24, 25]. По мнению Л.Н. Гумилева [11], они должны определяться этническими традициями, закрепленными на уровне условных рефлексов. В первую очередь, это рельеф и водные объекты, являющиеся ведущими факторами обеспечения условий ведения земледелия, а также зональный тип ландшафта, прямо или косвенно отвечающий за условия ведения животноводства, собирательства, бортничества, охоты и некоторых других видов жизнеобеспечения. В качестве обобщенной характеристики выбрана принадлежность территории к природной (ландшафтной) зоне, характеризующейся определенным составом представителей растительного и животного мира.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Назарова И.В.

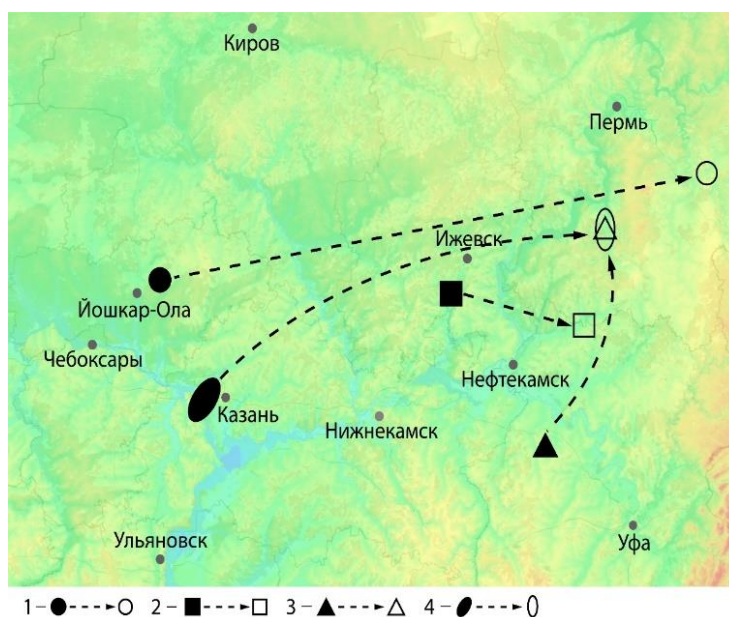


Рис. 1. Месторазвитие и территории заселения народами-переселенцами в южной части Пермского Прикамья: 1 – марийцев (луговых мари); 2 – южных удмуртов; 3 – башкир; 4 – казанских татар
Fig. 1. The developmental place and the territory of resettlement of ethnic groups in the southern part of the Perm Prikamye region: 1 – Mari (meadow Mari); 2 – Southern Udmurts; 3 – Bashkirs; 4 – Kazan Tatars

Для выявления значимости факторов природного соответствия «новых» и «старых» районов проживания этнических групп были рассмотрены природные условия локальных территорий с высокой концентрацией моно-этнических поселений. Для марийцев это небольшой по протяженности участок в среднем течении р. Сылвы, для удмуртов – Буйское поречье, для башкир и татар – Тулвинское поречье (рис. 2). Вся информация об особенностях рельефа и ландшафтной обстановке в целом для Пермского края получена из материалов исследований Н.Н. Назарова [21–23] и спутниковых изображений свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps). Ландшафтно-геоморфологический анализ районов исхода переселенцев проводился с использованием материалов исследований физико-географов и геоморфологов Марий Эл, Татарстана, Удмуртии, Башкортостана, а также материалов региональных атласов.

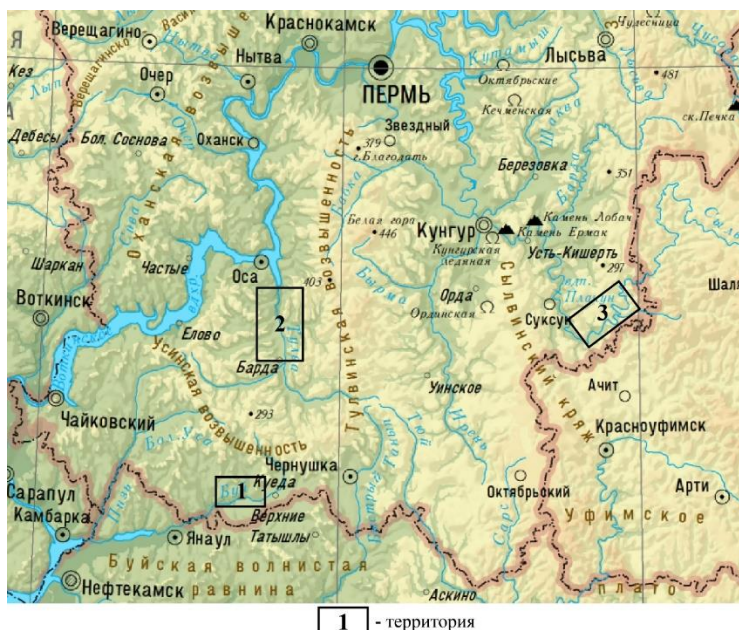


Рис. 2. Территории описания геоморфологических условий в районах компактного проживания:
1 – буйских (куединских) удмуртов; 2 – тулвинских (пермских) татар и башкир; 3 – сылвенских (кунгурских) марийцев
Fig. 2. Territories of description of geomorphological conditions of compact residence of:
1 – Buysky (Kuedinsky) Udmurts; 2 – Tulva (Perm) Tatars and Bashkirs; 3 – Sylva (Kungur) Mari

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Назаров Н.Н., Назарова И.В.

Результаты и их обсуждение

Основные виды хозяйствования и природные условия месторазвития народов-переселенцев целесообразно рассмотреть для каждой этнической группы отдельно.

Марийцы. В позднем Средневековье хозяйствование мари носило комплексный характер, но ведущее значение играло земледелие. Для данного периода было характерно сочетание старых систем земледелия (подсечной и переложной) с более поздней (трехпольной). Подсобная роль отводилась животноводству на свободном выпасе, колодному и бортному пчеловодству. Основными объектами собирательства были продукты питания (ягоды, грибы), лекарственные растения, хмель. Проживание в лесной полосе на территории с густой речной сетью определило преимущественно приречно-овражный тип расселения. Древние места обитания (жилища, селища, городища), как свидетельствуют археологические исследования [32], располагались по берегам рек.

Основу выходцев пермских, как и большинства восточных, марийцев составляло население с «луговой территории» Ветлужско-Вятского междуречья. В связи с этим характерные черты марийского ландшафта проанализированы на примере ландшафтного района Марийско-Вятских увалов, в котором на протяжении всей истории формирования марийского народа сохранялась наибольшая плотность сельского населения, а также на сегодняшний день располагается большое количество памятников культуры луговых мари.

Рассматриваемая территория характеризуется возвышенным, сильно расчлененным рельефом. В западной и центральной частях района абсолютные отметки находятся в интервале от 230 до 278 м. Густота речной сети составляет 0,2–0,4 км/км², густота балочной сети – 0,32 км/км². На востоке района уклон поверхности составляет 1–2°, глубина эрозионного расчленения – 25–50 м, возрастающая до 75 м на крайнем северо-востоке. Наиболее распространенными формами эрозионного расчленения являются молодые лога и логовины. Реки бассейна Вятки имеют узкие поймы и высокие берега. Речные долины отличается большая глубина вреза и значительная крутизна обоих склонов долины. Они имеют симметричный, трапециевидный поперечный профиль с крутыми задернованными склонами высотой до 50 м при ширине долины 200–500 м [45].

Удмурты. Исторически основное хозяйство удмуртов всегда было связано с лесом, тем не менее к XVI в. – моменту исхода части народа на восток – среди традиционных занятий ведущую роль уже играло земледелие, для которого была характерна комбинация подсеки и перелога с трехпольем. Выращивали преимущественно морозоустойчивые зерновые культуры – рожь, ячмень, овес, а также пшеницу и гречиху, из технических – коноплю, а позднее лен. Меньшую роль играли огородные культуры – капуста, огурцы, редька. Разводили коров, лошадей, овец, свиней, домашнюю птицу, но скота держали мало из-за недостатка пастбищ. Преобладал долинный тип расселения [20].

Переселение удмуртов в бассейн р. Буй происходило из южных, более равнинных территорий их месторазвития – бассейнов рек Вала, Тойма, Умяк, Кильмезь, Иж [5, 7]. В ландшафтном отношении это типичные южно-таежные и подтаежные геосистемы, рельеф которых представлен возвышенностями с высотными отметками в среднем не выше 250 м. Глубина вертикального расчленения рельефа – от 50 до 150 м [31, 15]. Густота речной сети по отдельным бассейнам колеблется от 0,4–0,6 [12, 14] до 0,6–0,8 км/км² [7]. В бассейне Кильмези уклоны рельефа в среднем составляют 3°. Густота балочной сети в этой части Удмуртии не превышает 0,5 км/км², хотя имеются и исключения – в бассейне р. Умяк данный показатель достигает 2,5–3,0 км/км² [33]. Речные долины в южной части современной Удмуртии по большей части имеют ассиметричное строение [15]. Поймы рек, как правило, развитые, преобладают широкопойменные русла [28].

Башкиры. Формирование башкир как этнической группы проходило в лесостепной и степной зонах южного Предуралья и Урала. Ведение хозяйства в позднем Средневековье опиралось на полукочевое скотоводство, охоту, рыболовство и бортничество. Уход части башкирского населения из западных районов месторазвития на север, а именно в слабообжитую часть Пермского Прикамья – северо-восточную окраину Казанского ханства, был связан с приходом кипчаков из ногайского ханства и образованием здесь наместничества [19]. Впоследствии победа московских князей над Казанским ханством в середине XVI в. на долгие годы позволила башкирам законно владеть землями в бассейнах рек Буй, Таныпы, Тулвы и стать одной из основных народностей, участвовавшей в ассимиляции местных племен, а затем и в теснейшей интеграции башкирской и татарской культур.

Для сравнительного анализа природных условий, в которых происходило формирование башкир в западной части ареала их месторазвития и откуда затем был осуществлен исход на север – в Пермское Прикамье, выбраны бассейны левобережных притоков р. Белой – Сюнь, Чермасан, Дема, расположенные в пределах западных отрогов Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Средние абсолютные отметки рельефа составляют 300–400 м. Данный район представляет собой систему платообразных водоразделов с сильным расчленением земной поверхности – глубина врезания русел рек достигает 100–150 м. Речные долины имеют характерную ящикообразную форму с крутыми склонами и плоским дном [1]. Густота речной сети в бассейнах рек левобережья р. Белой самая низкая в регионе – 0,27–0,35 км/км². Средняя густота овражно-балочной сети составляет 0,15–0,20 км/км².

Татары. Хозяйство татар Среднего Поволжья, составлявших этническое ядро Казанского ханства, как и у большинства народностей этого региона, строилось на земледелии, пастбищно-стойловом животноводстве и огородничестве. Часть казанских татар, переселившихся в конце XVI – начале XVII в. в Пермское Прикамье в результате ассимиляции коренного населения, сформировала в Тулвинском поречье этническую группу прикамских татар и башкир – новое полиэтническое образование в регионе [8, 9, 43].

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Назаров Н.Н., Назарова И.В.*

В пределах Казанского ханства районом с высокой долей локализации казанских татар, окруженным по периферии марийцами, чувашами, мордвой и удмуртами, являлись территории в бассейнах рек Казанки, Меша, верхнего течения р. Ашит, нижнего течения р. Свяги. Здесь, по писцовым книгам XVI – начала XVII в., фиксируется наибольшая плотность татарских селений. В этой части современного Татарстана находится и самое большое количество археологических памятников татарской культуры [6].

В ландшафтном отношении северная часть ареала месторазвития казанских татар представлена подтаежной зоной, а южная – широколиственной подзоной. Вертикальная расчлененность рельефа в районе Волжско-Камского водораздела обычно не превышает 40 м, чаще составляет менее 20 м. Ближе к долинам рек Волги и Камы она повышается до 60–80 м. Густота балочного расчленения в бассейновых геосистемах в среднем составляет 0,8–1,2 км/км². Долинная расчлененность (густота речной сети) меняется в пределах от 0,0–0,2 до 0,4–0,6 км/км².

Рассмотрим природные условия районов нового заселения этническими группами в Пермском Прикамье.

Сылвенские (кунгурские) марийцы. К настоящему моменту районом, в котором, начиная с конца XVI в. и по настоящее время, компактно проживают сылвенские марийцы, является территория предгорной юго-восточной части Пермского Прикамья. Все поселения (деревни Васькино, Иванково, Тебеняки, Тукманы, Сызганка, Каменка, Красный Луг) с окружающими их сельскохозяйственными угодьями располагаются на берегу р. Сылвы или на незначительном удалении от нее (рис. 2). В ландшафтном плане район относится к подтаежной зоне и находится в переходной полосе от равнины к предгорьям Среднего Урала. Вертикальная расчлененность рельефа колеблется в интервале 50–100 м с постепенным увеличением значений в восточном направлении. Густота долинной расчлененности – от 0,2–0,4 на юго-западе территории до 0,6–0,8 км/км² на северо-востоке. Средняя крутизна склонов – от 2–7 до 8–15° [23].

Буйские (куединские) удмурты. Местом локализованного проживания удмуртов в Пермском Прикамье является Буйское поречье – левобережная часть долины р. Буй (поселения Кирга, Бол. и Мал. Гондырь, Союз, Кипчак) и долина р. Шагирт (поселения Старый Шагирт, Удмурт-Шагирт, Гожан), характеризующиеся достаточно крутыми и короткими склонами (рис. 2). Буйское поречье относится к подтаежной зоне с преимущественным развитием агроландшафтов [21]. Рельеф в долине Буя и придолинных урочищах Шагирта заметно различается. В левобережной части широкой долины Буя глубина местных базисов эрозии (вертикальная расчлененность рельефа) в среднем составляет 50–100 м, но на многих участках не превышает 50 м. В бассейне Шагирта ситуация иная: глубина базисов эрозии повсеместно находится в интервале 100–150 м. Различия в вертикальной контрастности рельефа отразились и на значениях других характеристик его элементов. Средняя крутизна склонов в левобережье Буя составляет 2–7°, в бассейне Шагирта – 8–15°. Густота долинного расчленения в долине Буя составляет 0,4–0,6 км/км², на приводораздельных поверхностях и склонах бассейна Шагирта – 0,6–0,8 км/км².

Тулвинские (пермские) башкиры и татары. Старейшими башкирскими и татарскими поселениями в Тулвинском поречье, упомянутыми в переписных книгах, являются Барда, Елпачиха, Краснояр (рис. 2). Именно вокруг этих населенных пунктов и сформировалась современная этническая группа тулвинских татар и башкир [43]. Все поселения находятся в пределах широкой долины р. Тулвы. В ландшафтном отношении район относится к подтаежной зоне и располагается вдоль увалистых отрогов западного склона Тулвинской возвышенности. Глубина местных базисов эрозии в северной части данной территории (ближе к Каме) достигает 150–200 м, в южной – 200–250 м. Крутизна склонов за пределами днища долины составляет 8–15°, быстро увеличиваясь на склонах Тулвинской возвышенности до значений, превышающих 15–20°. Густота долинного расчленения изменяется в интервале 0,6–1,0 км/км².

Сравнительный анализ типов ландшафта в районах исхода этнических групп и на территориях нового заселения показал, что у марийцев, удмуртов и татар каких-либо изменений в их наборе практически не произошло. У удмуртов на новой территории вместо двух типов ландшафтов фиксируется только один (подтаежный). Значительное изменение в составе ландшафтов произошло только у башкир, сменивших предуральские степь и лесостепь на подтаежные территории (табл.). Объяснением таких различий в тенденциях ландшафтного «обустройства» территорий нового проживания является субширотный маршрут перемещения марийцев, удмуртов и татар – с запада на восток и практически меридиональный (на север) у башкир.

Смещение «новых» территорий в сторону Урала стало главной причиной изменения значений характеристик рельефа – вертикальной расчлененности рельефа (глубины местных базисов эрозии), густоты речной сети (густоты долинного расчленения), средней крутизны склонов (табл.). Близость к горам проявилась в увеличении значений геоморфологических показателей в Пермском Прикамье в 2–5 раз по сравнению со Средним Поволжьем. Например, на территории исхода татар вертикальная расчлененность рельефа составляла 30–70 м, в Тулвинском поречье она увеличивается до 150–250 м. Здесь же густота речной сети меняет свои значения с 0,2–0,5 на 0,6–1,0 км/км². Подобные изменения степени вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа ожидаемо сказываются и на средней крутизне склонов – изменения от 2–3 до 8–15°. Примерно в этих же масштабах и с той же направленностью (на увеличение) происходит смена значений показателей рельефа в местах нового заселения у марийцев и башкир. На территории переселения последних увеличение расчлененности рельефа связано с более высокими отметками

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Назарова И.В.

абсолютных высот Тулвинской возвышенности по сравнению с высотой рельефа в районах нижней Камы и левобережья Белой. Самые незначительные изменения значений характеристик вертикального и горизонтального расчленения «старой» и «новой» территории зафиксированы в случае переселения удмуртов. Для вертикального расчленения это 50–150 и 25–150 м, для горизонтального – 0,5–0,7 и 0,4–0,8 км/км². Объясняется это близким расположением данных территорий в пределах одной геоморфологической области.

Таблица

Table

Ландшафтные и геоморфологические условия в местах «старого» и «нового» проживания групп переселенцев

Characteristics of landscapes and geomorphology in the territories of 'old' and 'new' residence of the ethnic groups

Природные зоны и характеристики рельефа	Этнические группы			
	Марийцы	Удмурты	Башкиры	Татары
Природная зона, подзона	Пт Пт	Ют, Пт Пт	Лс, Ст Пт	Пт Пт
Вертикальная расчлененность рельефа (глубина местных базисов эрозии), м	25–50 (0,5) 50–100	50–150 (1,1) 25–150	100–150 (0,6) 150–250	30–70 (0,2) 150–250
Густота речной сети (густота долинного расчленения), км/км ²	0,2–0,4 (0,6) 0,2–0,8	0,5–0,7 (1,0) 0,4–0,8	0,27–0,35 (0,4) 0,6–1,0	0,2–0,5 (0,4) 0,6–1,0
Средняя крутизна склонов, градус	1–2 (0,2) 2–15	3 (0,4) 2–15	5 (0,4) 8–15	3 (0,3) 8–15

Примечание: Пт – подтаежная зона, Лс – лесостепная зона, Ст – степная зона, Ют – южно-таежная подзона. *Значения характеристик рельефа:* в числителе – месторазвития, в знаменателе – на территории Пермского Прикамья; в скобках – отношение значений характеристик рельефа месторазвития к их значениям на территориях нового заселения.

Note: Пт – subtaiga zone, Лс – forest-steppe zone, Ст – steppe zone, Ют – southern taiga subzone. *Relief characteristics:* in the numerator – in the developmental place; in the denominator – on the territory of the Perm Prikamye region; in brackets – the ratio of relief characteristics in the developmental places to the characteristics on the new territories of residence.

По результатам сравнительного анализа характеристик рельефа земной поверхности и принадлежности к типам ландшафта в местах старого и нового заселения этнических групп можно сделать вывод о том, что полное соответствие данных показателей не является обязательным (лимитирующим) фактором-условием для закрепления переселенцев на новых территориях. Причиной может служить уже имеющийся у этноса опыт приспособления «неудобных» элементов (поверхностей) рельефа для ведения традиционной хозяйственной деятельности [30]. В первую очередь, это касается наличия «кормящих» геосистем. Для народов, у которых земледелие к моменту исхода со старых территорий уже стало основным традиционным занятием, обеспечивающим их жизненные потребности, таковыми являются субгоризонтальные элементы рельефа – потенциальные агроудогды («поля»). При этом на второй план уходит фактор местоположения элементарных агроландшафтов. Некритичным условием становится их расположение в пределах геоморфологических уровней данной территории – относятся ли они к участкам высоких пойм или надпойменных террас, занимают ли они плакоры или располагаются в пределах пологих (до 3–5°) склонов водоразделов [35]. Во всех случаях наличие урочищ с субгоризонтальными поверхностями в структуре ландшафтов является определяющим фактором превращения их в потенциальные «кормящие» геосистемы. По всей видимости, именно подобная замена расположений пахотных территорий, в основном плакорных (междуречных) пространств Среднего Поволжья, на днища и пологие склоны речных долин в Пермском Прикамье произошла в результате миграции марийцев, татар и удмуртов, переселившихся в Сылвенское, Тулвинское и Буйское поречья соответственно.

Оценивая степень критичности варьирования геоморфологических условий для выбора мест нового проживания, такие показатели, как вертикальная расчлененность рельефа, густота речной сети, средняя крутизна склонов, могут считаться лимитирующими факторами лишь условно. Даже пятикратное увеличение контрастности рельефа земной поверхности при сохранении действующей на момент исхода этнических групп системы и орудий земледелия не становилось препятствием для выбора новых территорий проживания и ведения традиционного вида хозяйствования и бытования. Данный вывод относится и к другим видам деятельности сельского населения – собирательству, бортничеству, охоте, рыболовству, которые обычно считаются второстепенными. Они лишь в малой степени зависят от характера расчлененности рельефа и поэтому не являются определяющим аргументом при выборе новых территорий для заселения.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Назарова И.В.

Выводы

Изучение степени соответствия природных условий территорий, в которых происходило формирования этнических групп, районам нового освоения показало наличие различий в величинах и направленности изменения значений некоторых характеристик у части природных компонентов. Для групп марийцев, татар и частично удмуртов, совершивших переселение из районов Среднего Поволжья в южную часть Пермского Прикамья, эти различия касались главным образом геоморфологических условий, но при этом из-за преимущественно субширотного передвижения не проявились в биоклиматических. Увеличение значений показателей вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа на новых территориях проживания составило от двух до пяти раз. Усиление контрастности рельефа в Предуралье по сравнению с территориями исхода этнических групп не сопровождалось сменой типов ландшафта, отвечающих за разнообразие биоклиматического компонента. Подтаежные геосистемы как на «старых», так и на «новых» территориях проживания составляли основу природно-территориальных комплексов.

Для этнических групп, у которых среди традиционных занятий ведущую роль играло земледелие (марийцы, удмурты, татары), геоморфологические особенности новых территорий и их принадлежность к определенным типам ландшафта при наличии «кормящих» геосистем – субгоризонтальных элементов рельефа (потенциальных агроугодий) – не являются лимитирующими факторами.

Для башкир, ведение хозяйства которых опиралось на полукочевое скотоводство, охоту, рыболовство и бортничество в результате перемещения в субмеридиональном направлении – с юга на север, напротив, зафиксирована полная смена типов ландшафта – степные и лесостепные в местах нового проживания были заменены подтаежными.

Смена типа ландшафта для народов-переселенцев может сопровождаться заменой основного («кормящего») вида традиционной хозяйственной деятельности на более выгодный для местных природных условий. Сохранение в южной части Пермского Прикамья на протяжении более четырех веков устойчивых этнических групп и моноэтнических поселений при наличии определенных различий в рельефе «старого» и «нового» ландшафтов может говорить о гибкости этнической рефлексии к изменяющимся природным условиям и достаточной устойчивости к факторам, воздействующим на стереотип их поведения и способы хозяйствования.

Библиографический список

1. Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с. ISBN: 5-94780-062-4 EDN: QKFSZF
2. Агаджанян Н.А., Макарова И.И. Этнический аспект адаптационной физиологии и заболеваемости населения // Экология человека. 2014. № 3. С. 3–13. EDN: RYIEWT
3. Алексеева Н.Н. Соотношение природных и этнокультурных рубежей (на примере Индии) // Этнос и среда обитания. М.: Старый сад, 2009. Т. 1. С. 96–112. EDN: RGRWAR
4. Алексеева Н.Н. Этнокультурные аспекты геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 3. С. 6–10. EDN: MVXLMP
5. Атаманов М.Г. Из истории расселения воршудно-родовых групп удмуртов // Материалы по этногенезу удмуртов. Ижевск, 1982. С. 27–42.
6. Атлас истории Татарстана и татарского народа. URL: <http://tatarhistory.ru/ru/atlas/kazanskoe-hanstvo/obrazovanie-kazanskogo-hanstva-territoriya-i-naselenie> (дата обращения: 12.07.2023)
7. Атлас Удмуртской Республики. 2016. URL: <https://geoportal.rgo.ru/record/2976> (дата обращения: 12.07.2023)
8. Белавин А.М., Иванов В.А., Крыласова Н.Б. Угры Предуралья в древности и средние века. Уфа: Изд-во БГПУ, 2009. 278 с. ISBN: 978-5-87978-581-4 EDN: PVISHF
9. Викторова В.Д. Древние угры в лесах Урала (страницы ранней истории манси). Екатеринбург, 2008. 212 с. ISBN: 978-5-91357-008-6 EDN: QPINCL
10. Воейков А.И. Воздействие человека на природу. Избранные статьи. М.: Изд-во геогр. литературы, 1999. 256 с.
11. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Танаис-Ди-Дик, 1994. 544 с.
12. Ермолаев О.П., Двинских А.П., Назаров Н.Н., Рысин И.И. Овражная эрозия востока Русской равнины. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. 141 с.
13. Имангулов Л.Р., Максименко М.Р., Савоскул М.С., Сафронов С.Г. Влияние этнокультурного фактора на эволюцию сельского расселения на примере полиэтнических районов Башкирии и Марий Эл // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2021. № 1. С. 109–119. EDN: ATDZMJ
14. Кашин А.А. Исследование ландшафтной организации территории Удмуртии как фактора хозяйственного освоения и расселения населения: автореф. дис. канд. геогр. наук. Пермь, 2016. 24 с. EDN: SUTRKE
15. Кириллова А.В. Эколого-геоморфологическое районирование территории Удмуртии: автореф. дис. ... канд. географ. наук. М., 2017. 27 с. EDN: ZQESZL
16. Козлов В.И. Жизнеобеспеченность этноса: содержание понятия и его экологические аспекты // Этническая экология: теория и практика. М., 1991. С. 14–43.
17. Козлов В.И. О некоторых проблемах этнической экологии // Этноэкологические аспекты духовной культуры. М., 2005. С. 15–32. EDN: RGRUVD
18. Крупник И.И. Арктическая этнология. М.: Наука, 1989. 272 с.
19. Кузеев Р.Г. Происхождение башкирского народа. Этнический состав, история расселения. М.: Наука, 1974. 462 с. EDN: SMMBNJ
20. Мечников Л.И. Цивилизация и великие исторические реки. М.: Айрис-пресс, 2013. 320 с.
21. Назаров Н.Н. География Пермского края: учеб. пособие. Пермь, 2006. Ч. 1. 139 с.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Назарова И.В.

22. Назаров Н.Н. Классификация ландшафтов Пермской области // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. Пермь, 1996. С. 4–10. EDN: OKQPPB
23. Назаров Н.Н. Овражная эрозия в Прикамье. Пермь, 1992. 104 с. ISBN: 5-230-09335-8 EDN: RKMGLN
24. Невяжский И.И. Природопользование как наука и место этносоциальных природохозяйственных систем в ней (концепция курса лекций) // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1994. № 3. С. 24–30.
25. Низовцев В.А., Снытко В.А., Широкова В.А., Эрман Н.М. Ландшафтные особенности формирования поселенческой структуры исторического водного пути «Из варяг в греки» // География: развитие науки и образования. СПб, 2022. Т. 1. С. 24–28. EDN: UEVRRR
26. Оборин В.А. Заселение и освоение Урала в к. XI – н. XVII вв. Иркутск, 1990. 168 с.
27. Оборин В.А. К истории заселения Прикамья в эпоху раннего железа // Из истории Урала. Свердловск, 1960. С. 38–49.
28. 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
29. Повод Н.А. Некоторые аспекты процесса этнокультурной адаптации // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2001. Вып. 3. С. 182–186. EDN: KVEFBN
30. Потахин С.Б. Специфические черты специфические черты традиционного природопользования северных вепсов // География: традиции и инновации в науке и образовании. СПб, 2014. С. 408–410.
31. Рысин И.И., Бутаков Г.П. О вертикальном расчленении рельефа Удмуртии // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь, 1981. С. 90–95.
32. Сепеев Г.А. Этнография марийского народа. Йошкар-Ола: Марийск. книж. изд-во, 2001. 184 с.
33. Сергеев А.В. Закономерности формирования балочной сети Вятско-Камского междуречья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 2006. 25 с. EDN: NJXCPR
34. Томилов Н.А. Этническая экология, экологическая история и области природно-средовой культуры // Вестник Омск. ун-та. Сер. Исторические науки. 2016. № 2 (10). С. 88–93. EDN: WBKEWP
35. Трапезникова О.Н. Парадоксы северного земледелия: история и география агроландшафтов лесной зоны Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2019. 256 с.
36. Чагин Г.Н. Этнокультурная история Среднего Урала в конце XVI – первой половине XIX века. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1995. 364 с.
37. Черных А.В. Башкиры Перми: история и культура. СПб: Изд-во «Маматов», 2016. 74 с. ISBN: 978-5-91076-139-5 EDN: XTPRXF
38. Черных А.В. Марийцы Перми: история и культура. СПб: Изд-во «Маматов», 2015а. 64 с. ISBN: 978-5-91076-139-5 EDN: GOAQEK
39. Черных А.В. Татары Перми: история и культура. СПб: Изд-во «Маматов», 2015б. 64 с. ISBN: 978-5-91076-136-4 EDN: XUCUCD
40. Черных А.В. Удмурты Перми: история и культура. СПб: Изд-во «Маматов», 2017. 65 с. ISBN: 978-5-91076-170-8 EDN: UUVYBP
41. Черных А.В., Голева Т.Г., Шукина Р.И. Марийцы Пермского края: очерки истории и этнографии. Пермь, 2013. 529 с. ISBN: 978-5-4367-0096-0 EDN: YCENCH
42. Черных А.В., Каменских М.С. Фронтиры советских переселений: культурные границы и кросскультурное взаимодействие русских и чувашей в южном Прикамье в 1920-е – 1930-е гг. // Журнал фронтирных исследований. 2021. Т. 6, № 4. С. 117–134. URL: https://case.asu.ru/files/form_312-43125.pdf (дата обращения: 29.11.23) DOI: 10.46539/jfs.v6i4.337 EDN: EOZDFU
43. Черных А.В., Каменских М.С., Белагин А.М. Этническая история Пермского края // Народы Пермского края: этническая история и современное этнокультурное развитие: словарь-справочник. СПб: Изд-во «Маматов», 2014. С. 39–82. EDN: MQXXMT
44. Широкогоров С.М. Этнос: Исследование основных принципов изменения этнических и этнографических явлений. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 2002. 148 с.
45. Эколого-географический атлас республики Марий Эл. URL: <http://geo12.рф/atlas/> (дата обращения: 12.07.2023)
46. Ямсков А.Н. Трактовы понятия «жизнеобеспечение» в этнической экологии и возможный подход к изучению культурной адаптации // Этнос и среда обитания. М.: Старый сад, 2009. Т. 1. С. 73–94. DOI: 10.5281/zenodo.3229010 EDN: RAIDIX

References

1. Abdrahmanov, R.F. (2005), *Gidrogeojekologija Bashkortostana* [Hydrogeoeecology of Bashkortostan], Informreklama, Ufa, Russia.
2. Agadzhanian, N.A., Makarova, I.I. (2014), *Etnicheskij aspekt adaptacionnoj fiziologii i zaboлеваemosti naseleniya, Ekologiya cheloveka*, no. 3, pp. 3–13.
3. Alekseeva, N.N. (2009) *Sootnoshenie prirodnih i etnokul'turnyh rubezhej (na primere Indii), Jetnos i sreda obitaniya*, no. 1, pp. 96–112.
4. Alekseeva, N.N. (2010), *Jetnokul'turnye aspekty geojekologii, Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija*, no. 3, pp. 6–10.
5. Atamanov, M.G. (1982), *Iz istorii rasseleniya vorshudno-rodovyh grupp udmurtov, Materialy po jetnogenezu udmurtov*, Izhevsk, Russia, pp. 27–42.
6. Atlas istorii Tatarstana i tatarskogo naroda [Atlas of the history of Tatarstan and the Tatar people], (In Russian), URL: <http://tatarhistory.ru/ru/atlas/kazanskoe-hanstvo/obrazovanie-kazanskogo-hanstva-territoriya-i-naselenie> (access date 12.07.2023).
7. Atlas Udmurtskoj respubliki [Atlas of the Udmurt Republic], (In Russian), URL: <https://geoportal.rgo.ru/record/2976> (access date 12.07.2023).
8. Belavin, A.M., Ivanov, V.A., Krylasova, N.B. (2009), *Ugry Predural'ja v drevnosti i srednie veka*, BSPU Publishing House, Ufa, Russia.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Назарова И.В.

9. Viktorova, V.D. (2008), *Drevnie ugry v lesah Urala (stranicy rannej istorii mansi)*, Ekaterinburg, Russia.
10. Voejkov, A.I. (1999), *Vozdejstvie cheloveka na prirodu. Izbrannye stat'i*, Geogr. Literatury Publish., Moscow, Russia.
11. Gumilev, L.N. (1994), *Jetnogenez i biosfera Zemli*, TanaisDi-Dik Publ., Moscow, Russia.
12. Ermolaev, O.P., Dvinskikh, A.P., Nazarov, N.N., Rysin, I.I. (1990), *Ovrazhnaya eroziya vostoka Russkoj ravniny*, Kazan Univ. Publishing House, Kazan, Russia.
13. Imangulov, L.R., Maksimenko, M.R., Savoskul, M.S., Safronov, S.S. (2021), Vliyanie etnokul'turnogo faktora na evolyuciyu sel'skogo rasseleniya na primere polietnicheskikh rajonov Bashkirii Marij El, *Vest. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija*, no. 1, pp. 109–119.
14. Kashin, A.A. (2016), *Issledovanie landshaftnoj organizacii territorii Udmurtii kak faktora hozjajstvennogo osvoenija i rasselenija naselenija* [Study of the landscape organization of the territory of Udmurtia as a factor in economic development and population settlement], Extended Abstract of PhD Thesis in Geography, Perm, Russia.
15. Kirillova, A.V. (2017), *Jekologo-geomorfologicheskoe rajonirovanie territorii Udmurtii* [Ecological-geomorphological zoning of the territory of Udmurtia], Extended Abstract of PhD Thesis in Geography, Moscow, Russia.
16. Kozlov, V.I. (1991), *Zhizneobespechennost' etnosa: sodержание ponyatiya i ego ekologicheskie aspekty, Jetmicheskaja jekologija: teorija i praktika*, Moscow, Russia.
17. Kozlov, V.I. (2005), O nekotoryh problemah etnicheskoy ekologii, *Jetnojekologicheskie aspekty duhovnoj kul'tury*, Moscow, Russia, pp. 15–32.
18. Krupnik, I.I. (1989), *Arkticheskaya etnologiya* [Arctic ethnology], Nauka, Moscow, Russia.
19. Kuzeev, R.G. (1974), *Proishozhdenie bashkirskogo naroda. Jetmicheskij sostav, istorija rasselenija* [Origin of the Bashkir people. Ethnic composition, history of settlement], Nauka, Moscow, Russia.
20. Mechnikov, L.I. (2013), *Civilizacija i velikie istoricheskie reki* [Civilization and great historical rivers], Ajris-press Publ., Moscow, Russia.
21. Nazarov, N.N. (2006), *Geografija Permskogo kraja: ucheb. posobie* [Geography of the Perm region], Perm, Russia.
22. Nazarov, N.N. (1996), Klassifikacija landshaftov Permskoj oblasti, *Voprosy fizicheskoy geografii i geoekologii Urala*, Perm, Russia, pp. 4–10.
23. Nazarov, N.N. (1992), *Ovrazhnaja jerozija v Prikam'e* [Gully erosion in the Prikam'e region], Perm, Russia.
24. Nevjazhskij, I.I. (1994), Prirodopol'zovanie kak nauka i mesto jetnosocial'nyh prirodohozjajstvennyh sistem v nej (koncept-cija kursa lekcij), *Vest. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografija*, no. 3, pp. 24–30.
25. Nizovtsev, V.A., Snytko, V.A., Shirokova, V.A., Erman, N.M. (2022), Landshaftnye osobennosti formirovaniya poselench-eskoj struktury istoricheskogo vodnogo puti «Iz varyag v greki», *Geografiya: razvitie nauki i obrazovaniya*, no. 1, pp. 24–28.
26. Oborin, V.A. (1990), *Zaselenie i osvoenie Urala v k. XI – n. XVII vv* [Settlement and development of the Urals in the period XI - AD. XVII centuries], Irkutsk, Russia.
27. Oborin, V.A. (1960), [On the history of the settlement of the Kama region in the Early Iron Age], *Iz istorii Urala*, Sverdlovsk, Russia, pp. 38–49.
28. Petuhova, L.N., Rysin, I.I. (2006), Faktory ruslovyh processov i ih vliyanie na morfodinamiku rusel rek Udmurtii, *Geomorfologija*, no. 4, pp. 70–78.
29. Povod, N.A. (2001), Nekotorye aspekty processa etnokul'turnoj adaptacii, *Vestnik arheologii, antropologii i etnografii*, no. 3, pp. 182–186.
30. Potakhin, S.B. (2014), Specificheskie cherty specificheskie cherty tradicionnogo prirodopol'zovaniya severnyh vepsov, *Geografiya: tradicii i innovacii v nauke i obrazovanii*, Saint Petersburg, Russia, pp. 408–410.
31. Rysin, I.I., Butakov, G.P. (1981), O vertikal'nom raschlenenii rel'efa Udmurtii, *Fiziko-geograficheskie osnovy razvitiya i razmeshhenija proizvoditel'nyh sil Nechernozemnogo Urala*, Perm, Russia, pp. 90–95.
32. Sepeev, G.A. (2001), *Jetnografija marijskogo naroda* [Ethnography of the Mari people], Marijsk. knizh. izd-vo, Joshkar-Ola, Russia.
33. Sergeev, A.V. (2006), *Zakonomernosti formirovaniya balochnoj seti Vjatsko-Kamskogo mezhdurech'ja*, [Patterns of formation of the girder network of the Vyatka-Kama interfluve], Extended Abstract of PhD Thesis in Geography, Kazan, Russia.
34. Tomilov, N.A. (2016), Etnicheskaya ekologiya, ekologicheskaya istoriya i oblasti prirodno-sredovoj kul'tury, *Vestnik Omsk. un-ta. Ser. Istoricheskie nauki*, no. 2 (10), pp. 88–93.
35. Trapeznikova, O.N. (2019), *Paradoksy severnogo zemledelija: istoriya i geografija agrolandshaftov lesnoj zony Vostochno-Evropejskoj ravniny* [Paradoxes of northern agriculture: history and geography of agricultural landscapes in the forest zone of the East European Plain], GEOS Publ., Moscow, Russia.
36. Chagin, G.N. (1995), *Jetnokul'turnaja istorija Srednego Urala v konce XVI – pervoj polovine XIX veka* [Ethnocultural history of the Middle Urals at the end of the 16th - first half of the 19th century], Izd-vo Perm. un-ta, Perm, Russia.
37. Chernyh, A.V. (2016), *Bashkirij Permi: istoriya i kul'tura* [History and culture of the Perm Bashkirs], Mamatov Publish., St. Petersburg, Russia.
38. Chernyh, A.V. (2015a), *Marijcy Permi: istoriya i kul'tura* [History and culture of the Perm Mari], Mamatov Publish., St. Petersburg, Russia.
39. Chernyh, A.V. (2015b), *Tatary Permi: istoriya i kul'tura* [History and culture of the Perm Tatars], Mamatov Publish., St. Petersburg, Russia.
40. Chernyh, A.V. (2017), *Udmurty Permi: istoriya i kul'tura* [History and culture of the Perm Udmurts], St. Petersburg, Mamatov Publish., 2017, 65 p. (In Russian)
41. Chernyh, A.V., Goleva, T.G., Shhukina, R.I. (2013), *Marijcy Permskogo kraja: ocherki istorii i jetnografii* [Mari people of the Perm region: essays on history and ethnography], Perm, Russia.
42. Chernyh, A.V., Kamenskih, M.S. (2021), Frontiry sovetskikh pereselenij: kul'turnye granicy i krosskul'turnoe vzaimodejstvie russkikh i chuvashhej v yuzhnom Prikam'e v 1920-e – 1930-e gg., *Zhurnal frontimnyh issledovanij*, Vol. 6, no. 4, pp. 117–134, URL: https://case.asu.ru/files/form_312-43125.pdf (access date 29.11.2023).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Назаров Н.Н., Назарова И.В.

43. Chernyh, A.V., Kamenskih, M.S., Belavin, A.M. (2014), *Etnicheskaya istoriya Permskogo kraja, Narody Permskogo kraja: jetnicheskaja istorija i sovremennoe jetnokul'turnoe razvitie. Slovar'-spravochnik*, Izd-vo «Mamatov», St. Petersburg, Russia, pp. 39–82.
44. Shirokogorov, S.M. (2002), *Etnos: Issledovanie osnovnyh principov izmeneniya etnicheskih i etnograficheskikh yavlenij* [Ethnos. Study of the basic principles of change in ethnic and ethnographic phenomena]. Far Eastern University Publish., Vladivostok, Russia.
45. Jekologo-geograficheskij atlas respublik Marij Jel [Ecological and geographical atlas of the Mari El], URL: <http://geo12.rf/atlas/> (access date 12.07.2023).
46. Jamskov, A.N. (2009), *Traktovki ponyatiya «zhizneobespechenie» v etnicheskoj ekologii i vozmozhnyj podhod k izucheniyu kul'turnoj adaptacii, Jetnos i sreda obitaniya*, Vol. 1, pp. 73–92, Moscow, Russia.

Статья поступила в редакцию: 17.10.24, одобрена после рецензирования: 10.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 17 October 2024; approved after review: 10 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Николай Николаевич Назаров

доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
палеогеографии и геоморфологии,
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения РАН;
690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 7

e-mail: nikolainazarovpsu@gmail.com

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

e-mail: irvik13@gmail.com

Information about the authors

Nikolai N. Nazarov

Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher,
Laboratory of Paleogeography and Geomorphology,
Pacific Geographical Institute, Far-Eastern Branch of
the Russian Academy of Sciences;
7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

Irina V. Nazarova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Profes-
sor, Department of Physical Geography and Landscape
Ecology, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Вклад авторов

Назаров Н.Н. – идея, сбор и обработка материалов, написание статьи.

Назарова И.В. – сбор и обработка материалов, редактирование текста статьи.

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

Contribution of the authors

Nikolai N. Nazarov – concept development; data collection and processing; writing of the article.

Irina V. Nazarova – data collection and processing; editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 331.5, 314.7

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-17-30

EDN: AFMONY

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА
КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ангелина Петровна Плотникова

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

a.plotnikova.1416@gmail.com

Аннотация. Калининградская область наиболее остро подвержена экономическим и геополитическим изменениям из-за своего эксклавного положения. В данном исследовании рассматривается пространственное распределение трудовых ресурсов Калининградской области. Актуальность исследования обусловлена проблемой сбалансированного развития территории региона и его экономической безопасности. В работе использованы известные показатели, характеризующие трудовой потенциал с различных сторон. Для характеристики демографической компоненты используются половозрастная структура и доля трудоспособного населения, а также впервые предложено применить показатель доли жителей, родившихся в регионе (укорененность населения). Экономическая компонента проанализирована с точки зрения участия в рабочей силе, уровня занятости. Для оценки образовательной компоненты использован показатель доли населения, имеющего высшее образование, и число учебных заведений. Креативная компонента включала долю населения, работающего не по найму. Миграционная составляющая трудового потенциала включает интенсивность сальдо миграции трудоспособного населения. Основное внимание уделяется картографическому отображению результатов исследования, которое позволило выявить пространственные закономерности протекания социально-экономических процессов в Калининградской области. Исследование показало, что трудовой потенциал высоко сконцентрирован в западной части области – в Калининграде (ядре Калининградской агломерации) и его ближайших спутниках (Гурьевске, Зеленоградске, Светлом). Муниципальные образования, входящие в состав агломерации, являются наиболее миграционно привлекательными, здесь сосредоточен основной экономический, образовательный, инновационный и креативный потенциал региона. Этому способствует переток населения внутри региона по двум направлениям: с востока на запад и из села в город. Восток области обеспечен трудовым потенциалом с низким уровнем образования, но в то же время на его развитие положительно влияют предпринимательская активность в сфере сельского хозяйства и образовательная инфраструктура среднего профессионального образования. Дальнейшая концентрация населения в областном центре создает угрозу превышения демографической емкости на западе области и увеличения демографической нагрузки на востоке.

Ключевые слова: трудовой потенциал, трудоспособное население, картографические методы, миграционные процессы, демографические характеристики региона

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-77-01102 «Миграционные факторы и риски в развитии трудового потенциала эксклавного региона в эпоху геополитической турбулентности».

Для цитирования: Плотникова А.П. Пространственные особенности размещения трудового потенциала Калининградской области // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 17–30. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-17-30. EDN: AFMONY

ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL GEOGRAPHY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-17-30

EDN: AFMONY

SPATIAL FEATURES OF THE LABOR POTENTIAL DISTRIBUTION
IN THE KALININGRAD REGION

Angelina P. Plotnikova

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

a.plotnikova.1416@gmail.com



© 2025 Эта работа Плотниковой А.П. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. The Kaliningrad region is most susceptible to economic and geopolitical changes because of its exclave position. This study examines the spatial distribution of labor resources in the area. The relevance of the study is due to the problem of ensuring balanced development of the region's territory and its economic security. The work uses known indicators characterizing labor potential from different perspectives. To characterize the demographic component, the author uses the sex-age structure and the share of the working-age population; in addition, this study introduces the share of residents born in the region (rootedness of the population) as a key indicator. The economic component is analyzed from the perspective of labor force participation and employment rate. The educational component is assessed through the share of the population with higher education and the number of educational institutions. The creative component includes the share of self-employed population. The migration component of the labor potential comprises the intensity of the migration balance of the working-age population. The main attention is paid to the cartographic display of the research results, which made it possible to identify spatial patterns of socio-economic processes in the Kaliningrad region. The study has shown that the labor potential is highly concentrated in the western part of the region – in Kaliningrad (the core of the Kaliningrad agglomeration) and its closest satellites (Guryevsk, Zelenogradsk, Svetly). The municipalities that are part of the agglomeration are most attractive for migration since the main economic, educational, innovative, and creative potential of the region is concentrated here. This is facilitated by the flow of population within the region in two directions: from east to west and from village to city. The east of the region is characterized by labor potential with a low level of education; at the same time, its development is positively influenced by entrepreneurial activity in agriculture and the educational infrastructure of secondary vocational education. Further concentration of the population in the regional center creates a threat of exceeding the demographic capacity in the west of the region and increasing the demographic burden in the east.

Keywords: labor potential, working-age population, cartographic methods, migration processes, demographic characteristics of the region

Funding. The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation, project No. 23-77-01102 'Migration factors and risks in the development of the labor potential of an exclave region in the era of geopolitical turbulence'.

For citation: Plotnikova, A.P. (2025). Spatial features of the labor potential distribution in the Kaliningrad region. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 17–30. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-17-30. EDN: AFMONY

Введение

Трудовой потенциал играет важную роль в обеспечении экономического роста и устойчивого развития страны и ее регионов, поскольку именно человеческие ресурсы являются ключевым фактором в производственной деятельности. Сегодня Россия, как и большинство развитых стран мира, сталкивается с рядом вызовов, включающих как трансформацию своей экономики, так и пространственный дисбаланс трудовых ресурсов на своей территории. Этому способствует высокий уровень урбанизации России, а именно 76 %, что является одним из самых высоких значений в мире. Депопуляция сельского населения и миграция в города, а также локализация и концентрация трудоспособного населения в крупных городах создают ряд угроз для трудового потенциала территорий нашей страны за пределами крупных городов. Особенно остро стоит проблема оттока трудоспособного населения в периферийных муниципальных образованиях российских регионов. Адаптация человеческих ресурсов к современным вызовам способствует стабилизации ситуации на рынке труда, а приоритетной задачей государства является проведение грамотной политики в сфере занятости.

Анализ трудовых ресурсов является важным инструментом планирования экономического развития. Трудовой потенциал включает в себя как демографические, так и экономические характеристики населения, поэтому глубокий анализ трудового потенциала региона позволяет проводить грамотную государственную политику в сфере демографии, занятости и образования. Оценка трудового потенциала региона дает возможность региональным и местным органам власти разрабатывать программы социально-экономического развития, прогнозировать потребности рынка труда, выявлять пробелы в области занятости. Важной частью является анализ пространственных различий и дисбаланса трудовых ресурсов на территории регионов. Особенно остро этот вопрос стоит для сельских территорий с большим миграционным оттоком.

Среди российских регионов отчетливо выделяется Калининградская область, которая на протяжении многих лет остается миграционно привлекательным регионом. Несмотря на свое эксклавное положение, которое в последние годы стало скорее негативным фактором для миграции, регион продолжает привлекать не только мигрантов из других регионов России, но и из других стран. На этом фоне важно оценивать не только экономические возможности и риски положения субъекта, но также состояние трудовых ресурсов и трудовой потенциал населения области, пространственное измерение которого в условиях нарастания замкнутости эксклава представляет наибольшую значимость с точки зрения эффективного удовлетворения потребностей региональной экономики в кадрах.

Картографическое отображение является ключевым инструментом в экономико-географических исследованиях для интерпретации социально-экономических данных и их визуализации. Тематическое картографирование на основе статистических данных – это эффективный инструмент для анализа и выявления пространственных закономерностей размещения трудовых ресурсов региона, перспектив и угроз их дальнейшей трансформации. Визуализация актуальной информации методом тематического картографирования способна наиболее точно передать пространственную неоднородность распределения трудового потенциала по территории региона, а также

показать актуальные тенденции его дальнейшего развития. Таким образом, целью данного исследования является выявление пространственных закономерностей размещения трудового потенциала региона на основе разработки авторского картографического обеспечения с помощью геоинформационных технологий.

Обзор ранее выполненных исследований

Сегодня в отечественной науке существует несколько подходов к определению понятия «трудо- вой потенциал». С одной стороны, трудовой потенциал – это личностные качества человека, его способность к труду, образование и жизненный опыт, с другой – трудовые ресурсы общества, возможности трудоспособного населения региона, сформированные под влиянием социальных, экономических и политических факторов [21].

Поскольку трудовой потенциал является составной частью экономического потенциала региона, наравне используют смежные понятия – «кадровый потенциал» [11], который вбирает характеристики персонала и его должностные обязанности возможности, и «трудовые ресурсы» [29], которые определяют труд и его структуру в количественном отношении и являются частью трудового потенциала.

Для анализа и оценки трудового потенциала региона обычно используется ряд показателей, разбитых в группы по компонентам: демографическая, экономическая, образовательно-квалификационная, креативная, психофизиологическая, инновационная [3, 13]. Современные отечественные методики для оценки трудового потенциала региона строятся, как правило, на количественных показателях на основании метода балльной оценки, индексного или интегрального методов [28]. Реже используются качественные показатели, которые так или иначе опираются на расчеты количественных показателей [27].

Геодемографическая обстановка – демографическая категория, введенная Г.М. Федоровым [26] и показывающая отношения взаимосвязи между демографическими параметрами и другими компонентами региона. Экономико-демографическая категория геодемографической обстановки уделяет внимание трудовым ресурсам и их характеристикам. Особый акцент стоит сделать на миграционных показателях, которые также включаются в состав демографической компоненты. Миграция представляет собой процесс, оказывающий существенное воздействие на воспроизводство, размещение и структуру трудового потенциала.

Исследования региональных особенностей формирования трудового потенциала в Калининградской области проводились многими российскими учеными [2, 8, 14, 20, 25]. Как отмечают И.С. Гуменюк, Н.И. Сибирева и Д.Г. Федоров [6], особенно остро для региона стоит проблема территориальных различий в уровне безработицы, кадровом потенциале и образовательно-квалификационной подготовке кадров: периферийные районы востока области значительно отстают от муниципалитетов ближней зоны Калининградской агломерации. Трудовой миграции в Калининградской области и ее влиянию на трудовые ресурсы региона посвящены работы А.В. Лялиной, К.Ю. Волошенко, Ю.Ю. Фарафоновой, А.А. Новиковой, Л.Л. Емельяновой [4, 5, 9, 16].

Как отмечалось ранее, миграционный приток играет значительную роль в формировании трудовых ресурсов региона. В Калининградской области положительный прирост населения (общий прирост) обеспечивается за счет миграционного притока населения: в 2023 г. естественная убыль составила 4656 человек, а миграционный прирост – 6227 [22], таким образом, миграционный прирост полностью компенсирует естественную убыль населения.

Л.Л. Емельянова и Е.С. Фидря, опираясь на данные УФМС, отмечают, что большая часть прибывших в регион мигрантов – люди трудоспособного возраста [10]. В то же время приезжающие в регион люди трудоспособного возраста зачастую приезжают семьями, из-за чего доля лиц младше трудоспособного возраста в регионе приближена к среднероссийским значениям. Г.М. Федоровым и коллегами [1] было отмечено, что коэффициент трудового замещения в регионе составляет 870 – количество человек, входящих в трудоспособный возраст, на 1000 человек, выходящих из него. В результате смертности трудоспособного населения его замещение происходит за счет миграционного притока. В целом отмечается, что демографический потенциал Калининградской области выше, чем в большинстве регионов Северо-Западного федерального округа, а социально-экономическая обстановка в регионе благоприятная. В последние годы в половозрастной структуре мигрантов в Калининградской области немного преобладают женщины (53 %), а средний возраст приезжих в регион – 30 лет для мужчин и 31 для женщин [17]. Тяготение мигрантов в западную часть региона обусловлено трудовой деятельностью и получением образования. С другой стороны, их высокая концентрация в агломерации усиливает различия в обеспеченности трудовыми ресурсами между западом и востоком региона.

Отметим, что, несмотря на большой объем работ географической направленности, в которых картографические методы используются для визуализации социально-экономических процессов, можно наблюдать отсутствие узконаправленных работ по картографическому отображению трудового потенциала российских регионов. Как правило, картируются отдельные социально-экономические показатели, но отсутствует комплексный подход к оценке трудового потенциала. Масштабные работы по картографированию экономических и демографических процессов были выполнены для Южного и Северо-Кавказского [30], Приволжского [23], Сибирского [31] и Дальневосточного федеральных округов [24]. С помощью геоинформационного мониторинга и картографирования социально-экономических показателей удастся показать пространственные особенности размещения трудовых ресурсов по территории регионов, выявить диспропорции в распределении экономических ресурсов (прежде всего, в рабочей силе). Эти исследования указывают на необходимость улучшения мер демографической и экономической политики, а также на более детальную проработку программ социально-экономического развития

регионов и муниципалитетов. Большая часть количественных показателей в подобных исследованиях основывается на данных Росстата, в то время как использование статистических данных других ведомств (например, ФНС и Минобразования) в нашем исследовании позволит раскрыть ранее не исследуемые аспекты демографического и экономического состояния региона.

Материалы и методы исследования

Для оценки размещения трудового потенциала по территории области был использован ряд показателей. Демографическая компонента включает в себя укорененность населения (доля жителей, родившихся в регионе), половозрастную структуру населения, долю населения в трудоспособном возрасте. Экономическая компонента – участие в рабочей силе (количество лиц, входящих в состав рабочей силы, и лиц, не входящих в ее состав), уровень занятости и безработицы (в %), среднемесячная заработная плата. Образовательно-квалификационная компонента состоит из доли населения, имеющего высшее образование, и количества учебных заведений, в том числе высших и средне-профессиональных. К креативной (мотивационной) компоненте относятся статус занятости и предпринимательская активность (доля населения, работающего не по найму, включая индивидуальных предпринимателей, самозанятых, владельцев собственных предприятий). Большую роль в исследовании играет миграционная составляющая трудового потенциала, которая включала количество прибывших и выбывших в разрезе муниципальных образований и расчет интенсивности внутриобластного, межрегионального и международного сальдо, а также интенсивность сальдо миграции трудоспособного населения.

Оценка трудового потенциала Калининградской области по перечисленным показателям проводилась с помощью данных государственной статистики за 2019–2022 гг. в разрезе муниципальных и Всероссийской переписи населения 2020 года, информационно-аналитическим материалам и отчетам о деятельности глав муниципальных образований. Оценка количества учебных заведений проводилась на основе мониторинга деятельности образовательных организаций высшего [18] и средне-профессионального [19] образования. Информация о количестве субъектов малого и среднего предпринимательства была получена из единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства Федеральной налоговой службы [7].

Программное обеспечение QGIS было использовано в качестве базовой геоинформационной платформы, позволяющей проводить пространственный анализ и визуализацию полученных данных. На первом этапе был произведен сбор статистических данных, расчет используемых показателей и импорт значений в рабочую среду ГИС. Затем данные были привязаны к картографической основе, которая включает shape-файлы муниципальных образований Калининградской области. Разработка картографического материала включала в себя отображение локализованных на площадях муниципалитетов явлений методом картограмм, картодиаграмм, точечным способом и способом знаков движения. Последний этап включал в себя дополнительную визуализацию и корректировку в графических редакторах (Corel DRAW и Adobe Photoshop), использование картографических (топографических) шрифтов и составление легенды тематических карт.

Результаты исследования

Калининградская область – регион с быстрорастущим населением, в том числе за счет миграционного прироста, а относительно благополучная социально-экономическая ситуация в регионе оказывает положительное влияние на состояние рынка труда и производительную сферу. Одним из основных показателей в оценке трудового потенциала является численность и состав населения. Половой дисбаланс, возрастная структура, соотношение городского и сельского населения играют важную роль в определении демографической ситуации внутри региона. Люди трудоспособного возраста составляют экономически активное население, занятое в производстве определенных видов товаров и услуг. В структуре численности населения Калининградской области большая часть (58 %) – люди трудоспособного возраста, при этом доля мужчин превышает долю женщин. Однако можно отметить пространственную дифференциацию доли населения трудоспособного возраста на территории региона (рис. 1).

Так, наибольшую долю трудоспособного населения в общей численности населения (более 60 %) на территории Калининградской области имеют два муниципальных образования – Янтарный ГО и Гурьевский МО. Существенная доля трудоспособного населения Янтарного ГО связана с добычей полезных ископаемых и обрабатывающими производствами (более половины всех занятых). В частности, большую роль играет крупное «градообразующее» предприятие – Калининградский янтарный комбинат. Большой удельный вес трудоспособного населения в Гурьевском муниципальном округе связан, прежде всего, с тем, что Гурьевск – главный спутник Калининграда и его фактический пригород, в котором проживает значительная часть трудоспособного населения, занятого в экономике Калининграда.

При этом основная часть рабочей силы региона сосредоточена именно в Калининграде и Гурьевске – 52 %. В Калининграде также отмечается наибольшее число лиц, не входящих в состав рабочей силы: обучающиеся трудоспособного возраста (студенты очной форм обучения) и неработающие пенсионеры. В восточной части области наибольшей рабочей силой располагают Черняховский МО, Советский ГО и Гусевский ГО, на территории которых находятся крупнейшие (после Калининграда) города области. В муниципальных образованиях на востоке с большим числом сельского населения, не располагающих на своей территории крупными организациями и предприятиями, можно наблюдать, что численность лиц, не входящих в состав рабочей силы, примерно

Экономическая, социальная и политическая география
Плотникова А.П.

совпадает с численностью лиц, составляющих рабочую силу, а в Славском, Неманском и Озерском муниципальных округах даже превышает. Вместе со стабильным оттоком населения это усиливает и без того большую демографическую нагрузку на трудоспособное население в этих муниципалитетах – более 800 чел. на 1000 трудоспособного населения, что в 1,2 раза выше средней по региону.

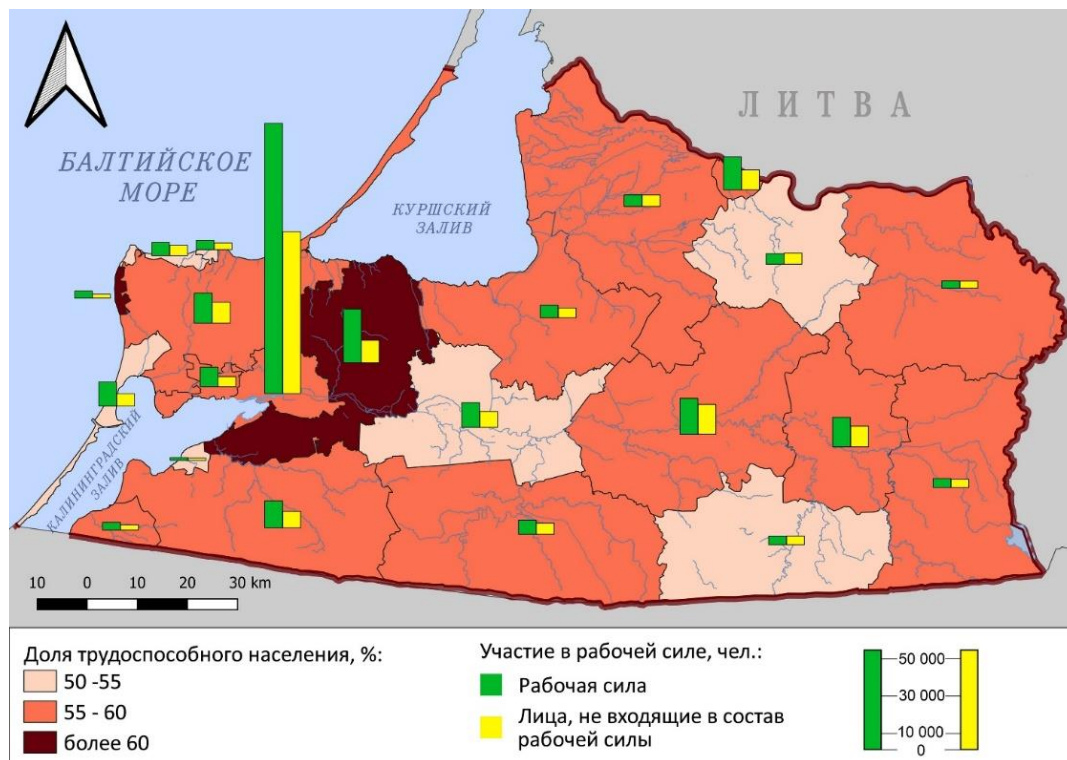


Рис. 1. Трудоспособное население Калининградской области
Fig. 1. Working-age population of the Kaliningrad region

Одним из показателей демографической компоненты трудового потенциала региона можно считать укорененность населения. Калининградская область в составе России – изначально регион с приездом из «большой России» населением, который сохраняет свою миграционную привлекательность по сегодняшний день. Доля коренных жителей в целом в регионе составляет 53 % по данным ВПН-2020 (в среднем по регионам РФ – 67 %) и 39 % по данным ВПН-2010 (по РФ – 46 %). Наибольшее число проживающих в муниципалитете коренных жителей приходится на Краснознаменский МО – один из самых отдаленных от Калининграда с преобладающим числом сельских жителей и низкой миграционной привлекательностью. Более 60 % коренного населения имеют Гвардейский МО и Мамоновский ГО, находящиеся на периферии Калининградской агломерации, а также Советский ГО – второй по численности город региона. Меньше всего коренных жителей в муниципальных образованиях, входящих в состав Калининградской агломерации, а именно в Гурьевском, Зеленоградском, Балтийском, Светлогорском, Пионерском районах (рис. 2). Это объясняется более высоким уровнем жизни в пределах агломерации, что является привлекательным фактором для мигрантов как в рамках трудовой деятельности, так и для комфортной жизни в целом. Это хорошо заметно на половозрастных пирамидах, построенных для некоренного населения муниципальных образований. На востоке области заметно выделяется Озерский район, где коренное население составляет меньше половины жителей округа (48 %). Прежде всего, это связано с перемещением жителей Озерского района в более благополучные муниципалитеты: на западе – Калининград и Гурьевский МО, на востоке – Черняховский МО и Гусевский ГО. Большую роль играет также активное замещение иностранными мигрантами местного населения. Наибольшее число прибывших в Озерский район пришлось на период 1992–2002 гг., в том числе соотечественников из бывших союзных республик. Отметим также, что в Озерском районе в процентном соотношении проживает больше всего армян (5,5 %), немцев (1,61 %) и поляков (0,94 %), а доля русского населения одна из самых низких – 84,9 % (в среднем по области – 91,3 %), что также является свидетельством замещения коренного населения иностранными мигрантами.

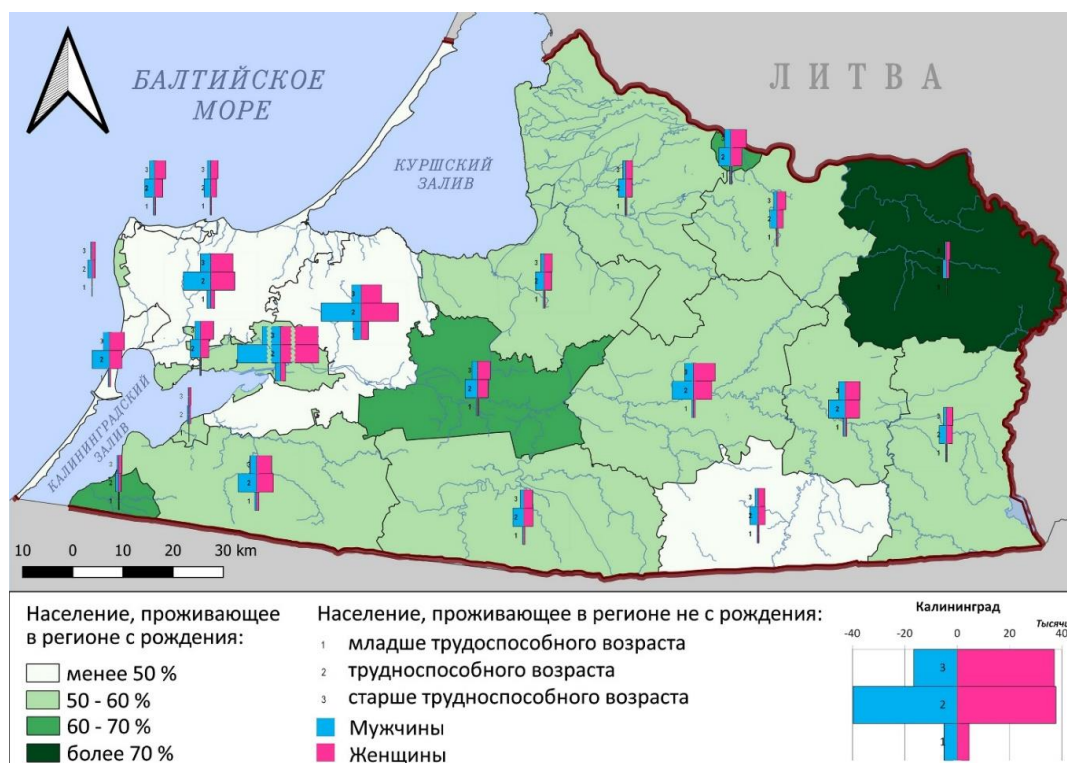


Рис. 2. Укорененность населения Калининградской области и половозрастная структура приезжих в регион
Fig. 2. The rootedness of the population of the Kaliningrad region and the sex-age structure of newcomers to the region

Наибольшее число проживающих не с рождения приходится на Калининград, Гурьевский МО и Зеленоградский МО – 56 %. Среди приезжего трудоспособного населения заметен небольшой перевес в сторону мужчин, однако среди людей старше трудоспособного возраста преобладает женское население. На востоке области и в курортных приморских городах (Светлогорск, Пионерский, Янтарный) число женщин старше трудоспособного возраста превышает число трудоспособных женщин. На это влияет как разница в средней продолжительности жизни между мужчинами и женщинами (женщины в Калининградской области живут в среднем почти на 9 лет дольше мужчин), так и то, что большая часть населения стремится переехать на запад области.

Образовательная компонента трудового потенциала характеризует уровень образования, квалификации и навыков населения, а также их соответствие спросу на рынке труда. Обеспеченность учебными заведениями в регионе имеет явный пространственный дисбаланс – наибольшее число школ, заведений среднего профессионального образования и высших учебных заведений приходится на западную часть области. В Калининграде находится 6 из 8 вузов региона, включая филиалы иных российских вузов (рис. 3). Это обуславливает высокий уровень людей с высшим образованием, проживающих в Калининграде и муниципалитетах, входящих в его агломерацию. Большая доля людей, имеющих профессиональное образование и высшую квалификацию, в целом положительно сказывается на качестве рабочей силы, особенно в области высокотехнологичных производств. В среднем по Калининградской области доля людей, имеющих высшее образование, сопоставима со среднероссийским значением – 21 %, при этом распространенность высшего образования среди городского населения очевидно значительно выше, чем среди сельского (в среднем по региону – 31 и 15 % соответственно). В муниципальных образованиях восточной части региона велико число людей, имеющих среднее профессиональное образование (около 41 %). На эти районы приходится 7 учебных заведений среднего профессионального образования, а также 2 вуза (оба – филиалы московского и Санкт-Петербургского университетов).

Статус занятости и предпринимательская активность являются составной частью креативной (мотивационной) компоненты трудового потенциала. В Калининградской области большая часть занятых (86 %) работает по найму, а около 10 % – не по найму (включая самозанятых, индивидуальных предпринимателей, соучредителей, владельцев и др.). Среди «работающих на себя» большая часть приходится именно на самозанятых и индивидуальных предпринимателей. Предпринимательская активность больше распространена в пределах Калининградской агломерации, где наиболее благоприятный климат для введения бизнеса и поиска клиентов, в том числе туристов. В Калининграде, а также в Гурьевском МО и Зеленоградском МО находится наибольшее количество субъектов малого и среднего предпринимательства, что также свидетельствует о большей мотивации населения открывать бизнес именно на этой территории, которая, с одной стороны, обслуживает областной центр, а с другой – имеет большие возможности в туристической отрасли. Отметим, что наибольшая доля населения, работающего не по найму, приходится на Мамоновский ГО (более 20 % от общего числа занятых). Мамоново находится

Экономическая, социальная и политическая география
Плотникова А.П.

в непосредственной близости от границы с Польшей, что создает возможности для вовлечения местного населения в приграничную торговлю в форме малых форм предпринимательства [13, 32]. В восточных муниципальных образованиях доля работающих не по найму выше среди сельских жителей, что объясняется как большим числом крестьянских (фермерских) хозяйств, так и других форм предпринимательской деятельности, связанных с сельским хозяйством (например, введение личного подсобного хозяйства).

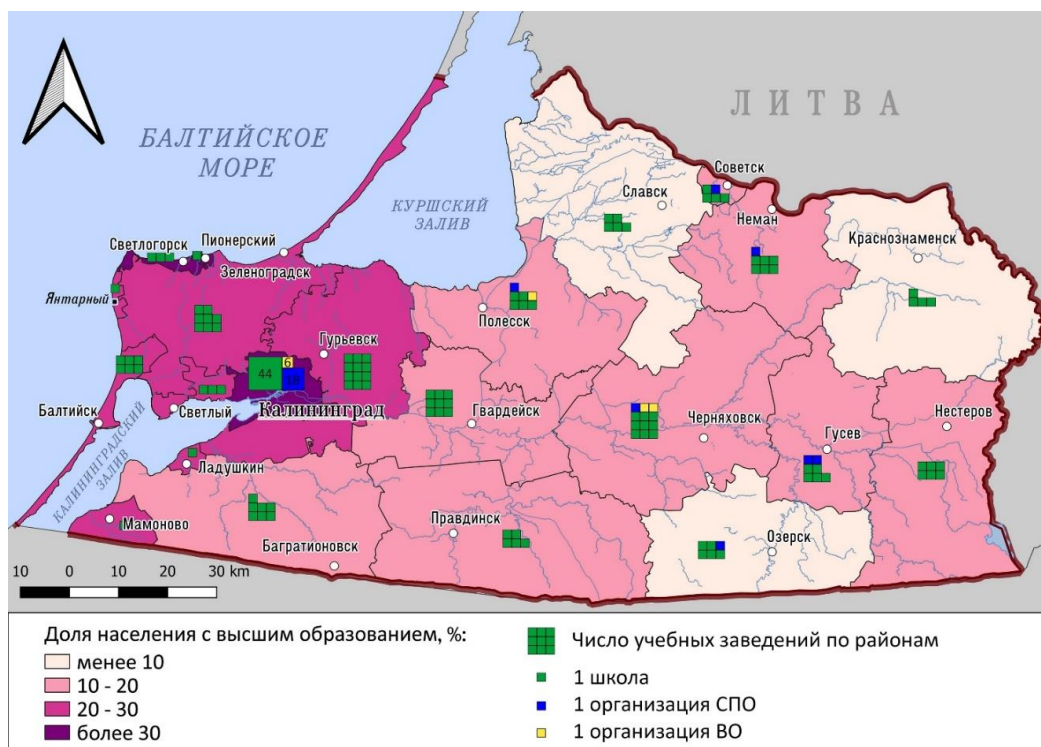


Рис. 3. Образовательный потенциал муниципалитетов Калининградской области

Fig. 3. Educational potential of the municipalities of the Kaliningrad region

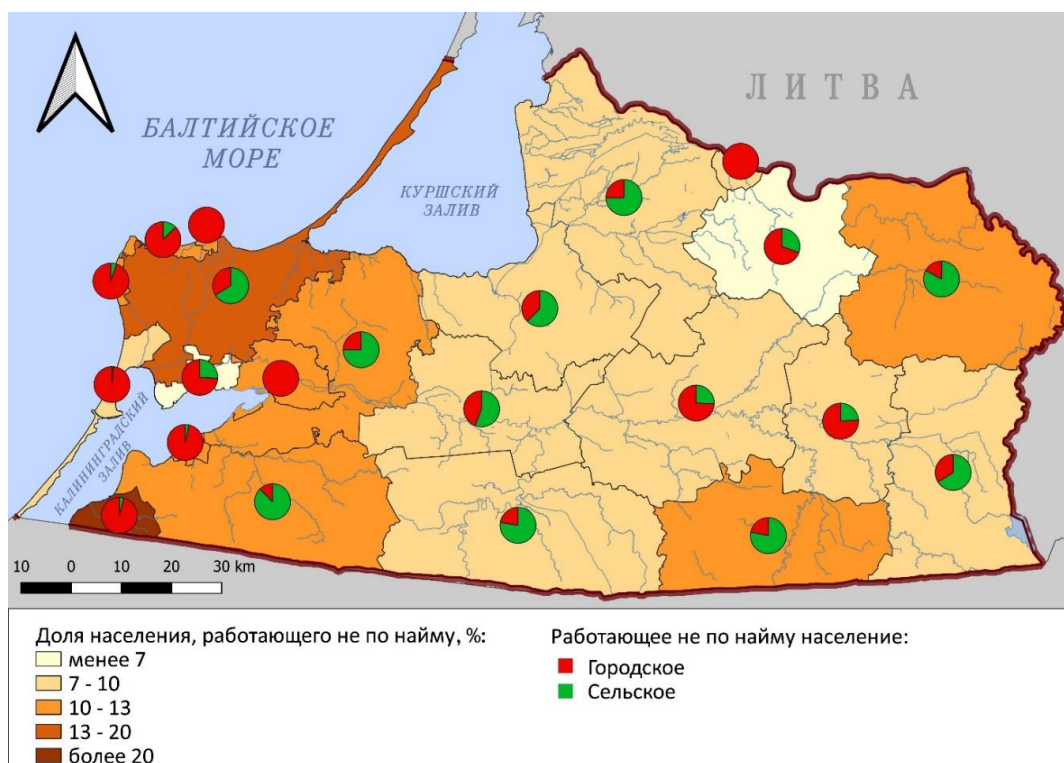


Рис. 4. Предпринимательский потенциал муниципалитетов Калининградской области

Fig. 4. Entrepreneurial potential of the municipalities of the Kaliningrad region

Общий характер миграционной обстановки в Калининградской области из года в год оценивается положительно. Калининградская область на протяжении многих лет остается миграционно привлекательным регионом, в который приезжает как население из других регионов России, так и из других стран. При этом сальдо миграции по территории Калининградской области кардинально отличается. Наиболее привлекательными районами в динамике 2019–2022 гг. остаются муниципалитеты западной части области, а также Черняховский МО (рис. 5). Наибольший миграционный приток за последние 4 года наблюдается в Гурьевском и Зеленоградском МО, Светлогорском и Пионерском ГО. Особенно остро миграционный отток в динамике последних лет можно увидеть в Славском МО, а также Гусевском городском округе. Эти данные хорошо коррелируют с сальдо миграции трудоспособного населения, что говорит о том, что именно активное трудоспособное население составляет основной пласт мигрантов на территории Калининградской области. На это влияет также и внутрирегиональная миграция: Калининград и его ближайшие спутники (Зеленоградск, Гурьевск, Светлый и города-курорты) все еще остаются миграционно привлекательными для людей с востока области, приезжающих сюда в поисках более оплачиваемой работы и комфортной жизни.

В таблице видно, что почти половина всех прибытий и выбытий в Калининградской области приходится на внутриобластную миграцию. В то же время можно заметить, что внутренний отток в большинстве муниципальных образований Калининградской области компенсируется притоком из других регионов России и из-за рубежа. Положительное внутрирегиональное сальдо наблюдается в Калининграде, Гурьевском МО, Зеленоградском МО, Светлогорском ГО и Пионерском ГО, то есть в ближайшей зоне Калининградской агломерации и приморских районах, куда стекаются как население с востока области, так и внешние для региона мигранты. С другой стороны, восточные муниципалитеты являются привлекательными для мигрантов из других стран, в особенности из СНГ. Стоит отметить, что постоянный отток населения может свидетельствовать о том, что восточные муниципалитеты являются «транзитной зоной» для мигрантов, которые в конечном итоге стремятся обосноваться именно в Калининграде.

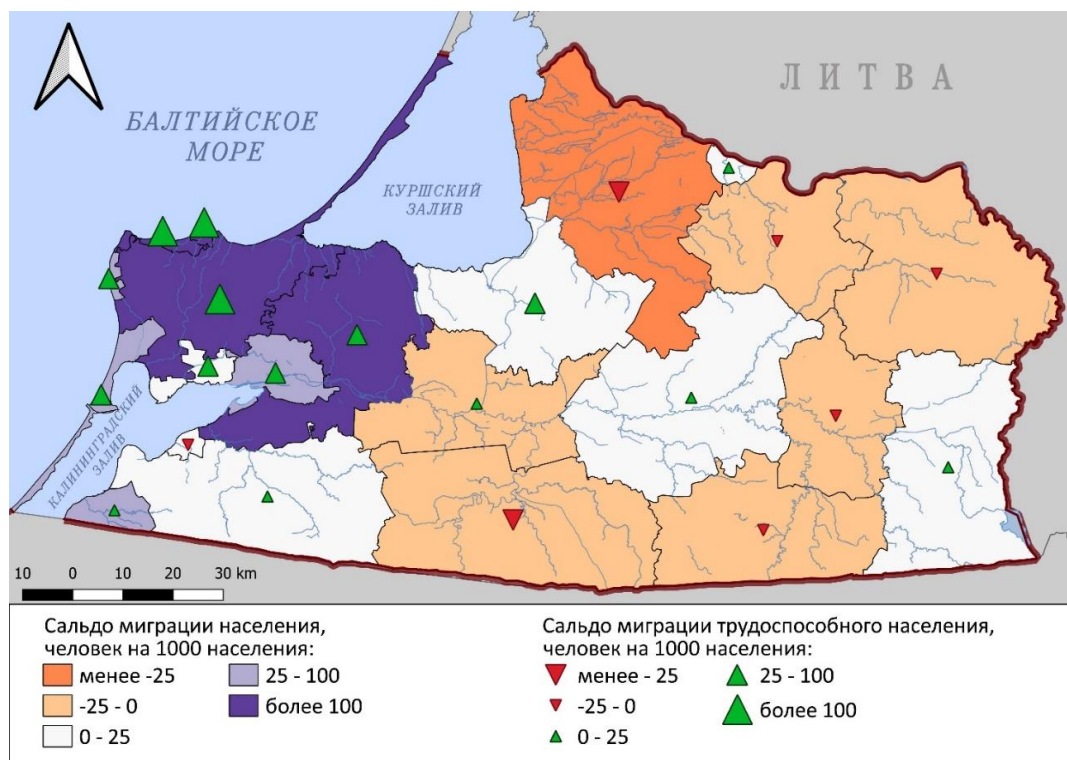


Рис. 5. Сальдо миграции муниципалитетов Калининградской области, в среднем за 2019–2022 гг.

Fig. 5. Migration balance in the municipalities of the Kaliningrad region, on average for 2019–2022

Таблица

Table

Интенсивность сальдо миграции в муниципалитетах Калининградской области, в среднем за 2019–2022 гг.

The intensity of the migration balance in the municipalities of the Kaliningrad region, on average for 2019–2022

Муниципальное образование	Интенсивность сальдо миграции, человек на 1000 населения		
	внутри региона	с другими регионами РФ	с другими странами
Багратионовский МО	-19,19	22,84	12,71
Балтийский ГО	-16,44	39,78	8,58
Гвардейский МО	-20,08	10,28	6,92
ГО «г. Калининград»	3,45	28,99	16,42
Гурьевский МО	30,40	42,77	35,25
Гусевский ГО	-26,73	9,10	4,09
Зеленоградский МО	50,65	65,69	27,78
Краснознаменский МО	-33,06	12,51	3,85
Ладушкинский ГО	-18,79	21,88	-1,80
Мамоновский ГО	-25,99	38,50	24,78
Неманский МО	-25,18	11,82	6,37
Нестеровский МО	-34,75	24,69	10,92
Озерский МО	-24,91	8,28	8,74
Пионерский ГО	52,22	67,00	25,79
Полесский МО	-12,04	7,95	19,32
Правдинский МО	-36,37	13,04	-0,54
Светловский ГО	-7,31	21,05	11,06
Светлогорский ГО	42,10	117,47	19,10
Славский МО	-41,86	6,03	6,08
Советский ГО	-7,92	12,72	7,38
Черняховский МО	-15,25	16,41	11,65
Янтарный ГО	-1,49	32,30	9,97

Оценка интенсивности миграционных связей (рис. 6) позволяет определить основные направления миграции внутри региона. Прежде всего, это административный центр и Гурьевский МО, являющийся транзитной зоной для перемещения в дальнейшем в Калининград [15]. В восточных муниципалитетах существуют небольшие, но значимые миграционные связи: население перемещается в муниципалитеты, имеющие учебные заведения и рабочие места.

Миграционные значения хорошо коррелируют с показателями уровня жизни. На рисунке 7 показана дифференциация по уровню регистрируемой безработицы, среднемесячной заработной плате, метражу введенного жилья и стоимости квадратного метра жилья. Западная часть региона характеризуется меньшей безработицей и большей заработной платой (особенно в Светловском и Янтарном городских округах, где находятся крупные градообразующие предприятия). Миграционно привлекательным фактором на западе является большое количество ежегодно вводимого нового жилья, однако его стоимость (в особенности в прибрежных городах) в несколько раз выше, чем на востоке области. Таким образом, к стимулирующим факторам миграции на запад региона относятся низкая безработица и большие заработные платы, а к сдерживающим факторам – невозможность покупки жилья и высокие цены на аренду.

Как было отмечено ранее, Калининградская область привлекает население не только из других российских регионов, но и из других стран. Согласно данным последней переписи населения, на территорию области с 1991 г. прибыло суммарно 38496 человек, проживающих более 1 года в других государствах (рис. 8). Наибольшее число прибывших приходится на страны СНГ, в частности Казахстан, Узбекистан, Киргизию, Беларусь, а также Украину. Среди стран дальнего зарубежья наибольший рост приезжих приходился на период до 1991 г. и 1992–2003 гг. Отдельно стоит отметить большое число прибывших из Германии, Польши, Чехии, Венгрии и Болгарии – стран бывшего социалистического лагеря. Так, более 70 % мигрантов из Германии прибыли на территорию области до 1991 г. Можно предположить, что сегодня приезжающие в регион из Германии, Польши, Литвы, Латвии и Эстонии являются русскоговорящими гражданами.

Большая часть иностранного населения, временно находившегося на территории Калининградской области в момент переписи, прибыла в регион с целью работы и учебы, при этом преобладающая их часть приходится именно на административный центр региона. Большой образовательный потенциал Калининграда, разнообразный рынок труда, а также общая благоприятная и комфортная для жизни среда привлекают в город иностранных граждан не только из стран СНГ, но и из стран дальнего зарубежья.

Экономическая, социальная и политическая география

Плотникова А.П.

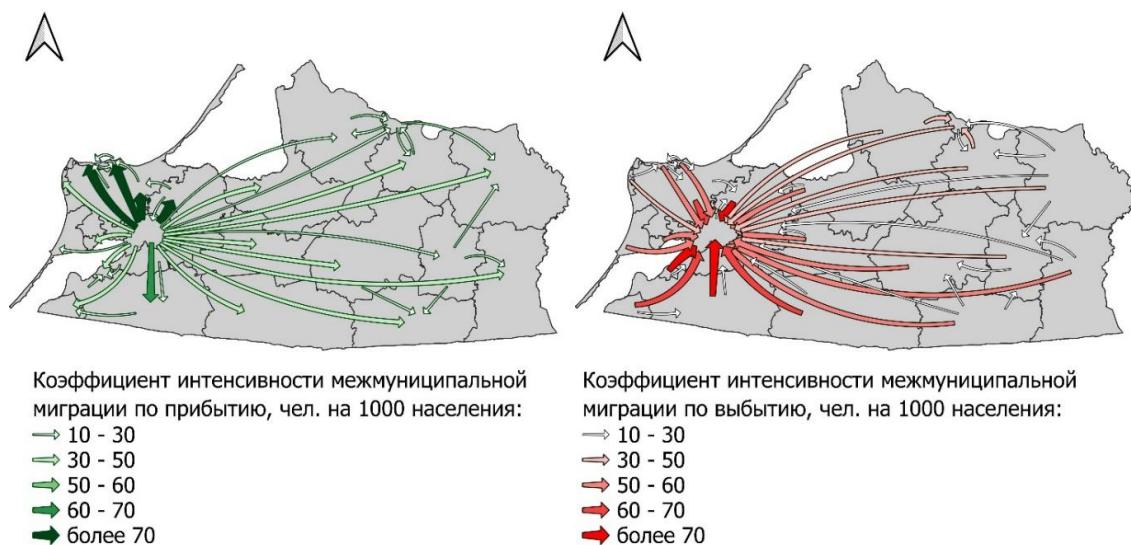


Рис. 6. Интенсивность миграционных связей между муниципалитетами Калининградской области, в среднем за 2019–2022 гг.

Fig.6. The intensity of migration connections between the municipalities of the Kaliningrad region, on average for 2019–2022

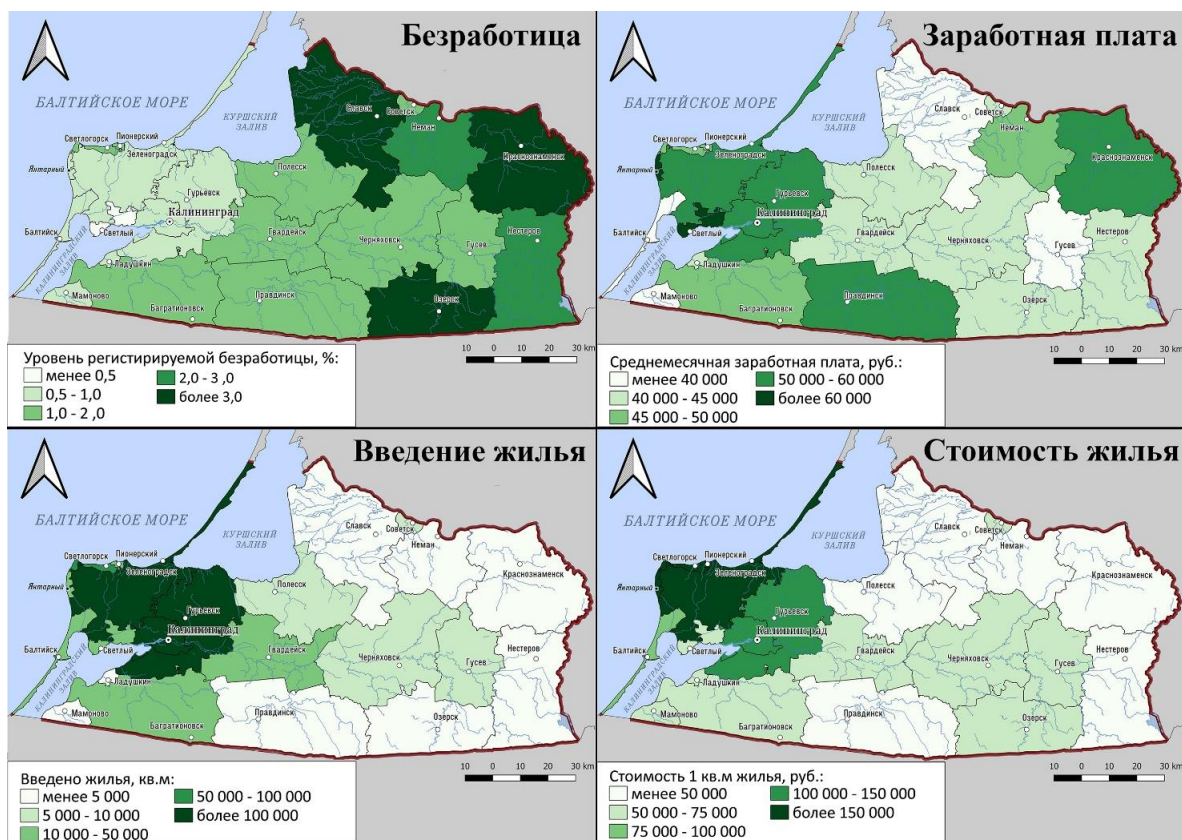


Рис. 7. Показатели уровня жизни в муниципальных образованиях Калининградской области (2022 г.)

Fig. 7. Indicators of the standard of living in the municipalities of the Kaliningrad region (2022)

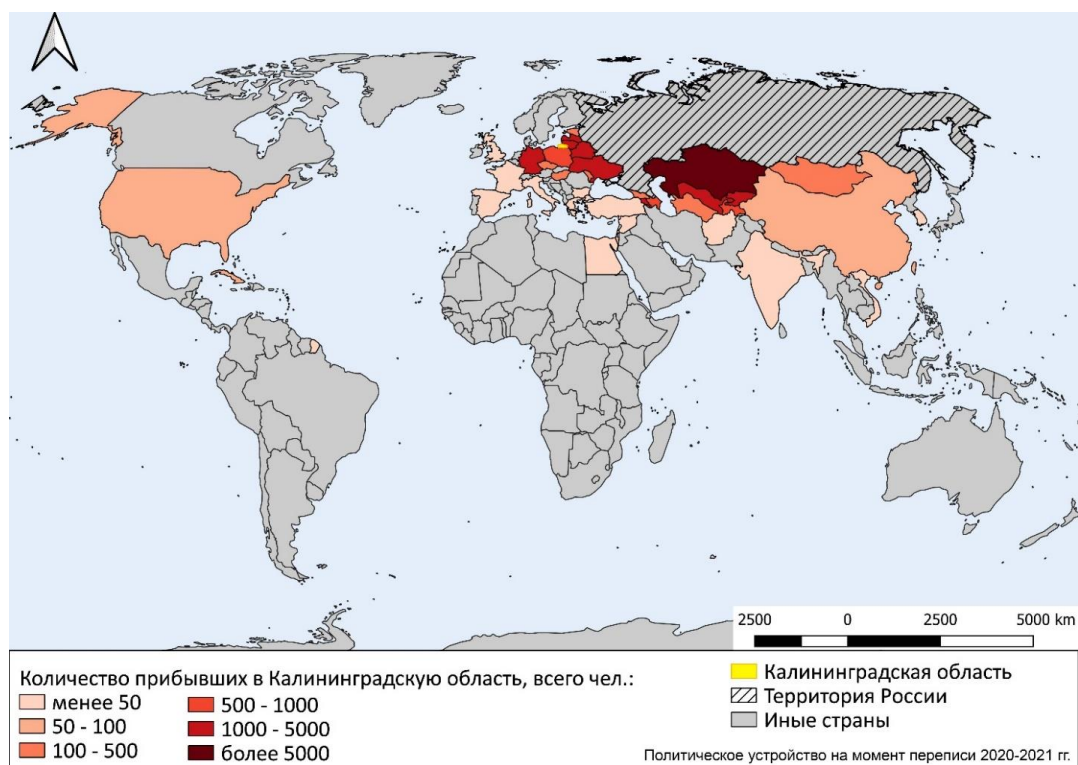


Рис. 8. Страны прибытия в Калининградскую область с 1991 по 2021 гг. (из числа указавших год прибытия)
 Fig. 8. Countries of arrival in the Kaliningrad region from 1991 to 2021 (from those who indicated the year of arrival)

Заключение

Анализ размещения трудового потенциала в Калининградской области с помощью картографических методов позволил выявить внутрирегиональные и межмуниципальные особенности распределения трудовых ресурсов. С помощью составленных картосхем можно четко определить пространственную неоднородность трудового потенциала в российском регионе, а совмещение нескольких методов в одной картограмме позволяет отследить корреляции нескольких явлений и их взаимосвязанность друг с другом. В то же время метод визуализации данных с помощью картографических методов обеспечивает возможность наглядно оценить пространственную дифференциацию многих компонент трудового потенциала: демографическую, миграционную, экономическую, образовательную, мотивационную (креативную).

Так, укорененность в пределах региона ниже в муниципалитетах, обладающих высокой миграционной привлекательностью. Самой высокой укорененностью обладают преимущественно сельскохозяйственные непривлекательные муниципалитеты восточной части области, демонстрирующие внутрирегиональный миграционный отток. Наименьшая укорененность населения характерна для муниципальных образований с высоким уровнем жизни, в которых наблюдается внутриобластной, межрегиональный и международный миграционный приток.

На территории Калининградской области наибольшим гравитационным воздействием на распределение трудовых ресурсов обладают административный центр (г. Калининград) и города-спутники его агломерации (Гурьевск, Зеленоградск, Светлый). Именно здесь можно наблюдать наибольшую концентрацию трудоспособного населения и рабочей силы региона. Однако здесь же мы можем увидеть большую часть населения, не входящего в состав рабочей силы. Прежде всего, это связано с населением младше трудоспособного возраста – обучающимися школьниками, колледжами и вузами. Их значение коррелирует с количеством образовательных учреждений региона – наибольшее число школ, вузов и ссузов приходится именно на Калининград. С другой стороны, это дает большой образовательный и квалификационный потенциал для текущей и будущей рабочей силы региона, а также привлекает потенциальную рабочую силу из других уголков страны.

Отток трудоспособного населения из восточных районов накладывает большой отпечаток на демографическую нагрузку. С другой стороны, восточные муниципальные образования имеют большой потенциал для предпринимательской активности, в особенности среди сельского населения. Здесь большое значение имеет сельскохозяйственная деятельность, которая является для многих жителей источником дохода и вкладом в экономический потенциал региона. На сельскохозяйственные виды деятельности сегодня распространяются меры государственной поддержки и более выгодное налогообложение по доходу на профессиональную деятельность (НПД). Поддержка малых форм предпринимательства в сельской местности задействует креативную составляющую трудового потенциала и помогает поднимать уровень жизни на селе. Ограничением для развития трудового потенциала выступает низкий уровень образованности сельского населения (высшее и профессиональное образование).

Экономическая, социальная и политическая география

Плотникова А.П.

Наблюдаемое в Калининградской области пространственное распределение демографических, образовательных и трудовых ресурсов создает ряд рисков для трудового потенциала региона. С одной стороны, стягивание населения в областной центр ведет к риску превышения демографической емкости в Калининградской агломерации. С другой стороны, переток населения, в особенности трудоспособного возраста, в областной центр с востока области создает угрозу увеличения демографической нагрузки в восточных муниципалитетах области. В то же время восточные муниципальные образования в силу своего недостаточного вовлечения в освоение трудовым потенциалом обладают большим предпринимательским, образовательным и инвестиционным потенциалом.

Визуализация данных и пространственный анализ позволяют наглядно оценить происходящие в регионе экономико-демографические процессы и их закономерности. Использование современных картографических методов и технологий геоинформационных систем для оценки размещения трудового потенциала расширяет возможности для выявления слабых сторон в экономическом развитии, стабилизации негативных тенденций, принятия мер поддержки, необходимых для конкретной территории. Данный метод может быть использован в целях регионального и муниципального стратегического планирования, а также мониторинга рынка труда и трудовых ресурсов.

Библиографический список

1. Актуальные проблемы экономико-демографической, продовольственной, инновационной и внешнеэкономической безопасности Калининградского региона: аналитический доклад / Г.М. Федоров, К.Ю. Волощенко, А.А. Михайлова, А.А. Новикова. Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта, 2024. 111 с. ISBN: 978-5-9971-0840-3 EDN: JLEPQL
2. *Большенко С.Ф.* Методика оценки конкурентоспособности трудового потенциала региона (на примере Северо-Западного федерального округа) // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2018. № 4. С. 134–147. EDN: YRWKBV
3. *Власова Т.А.* Теоретико-методологические аспекты комплексной оценки трудового потенциала на региональном уровне // Экономический анализ: теория и практика. 2017. № 1 (460). С. 105–115. DOI: 10.24891/ea.16.1.105 EDN: XKPFTTR
4. *Волощенко К.Ю., Лялина А.В.* Привлекательность Калининградской области: факторы притяжения и причины разочарования мигрантов из регионов России // Балтийский регион. 2022. Т. 14, № 3. С. 102–128. DOI: 10.5922/2079-8555-2022-3-6 EDN: KHCCRI
5. *Волощенко К.Ю., Лялина А.В., Фарафонова Ю.Ю., Новикова А.А.* Профессиональные факторы и механизмы привлечения в Калининградскую область мигрантов из регионов России // Регионоведение. 2023. Т. 31, № 1 (122). С. 143–165. DOI: 10.15507/2413-1407.122.031.202301.143-165 EDN: FXJKJA
6. *Гуменюк И.С., Сибирева Н.И., Федоров Д.Г.* Занятость в Калининградской области в сравнении с ближайшими регионами России и со среднероссийским уровнем // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 2020. № 1. С. 30–42. EDN: GTUTGX
7. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства Федеральной налоговой службы. URL: <https://tmnp.nalog.ru/search.html?mode=extended#> (дата обращения: 19.08.2024)
8. *Емельянова Л.Л.* Трудовые ресурсы Калининградской области: региональные особенности формирования и опыт изучения // Проблемы регионального развития в начале XXI века: материалы международной научной конференции, Калининград, 18–21 декабря 2019 года / под редакцией Г.М. Федорова, Л.А. Жиндарева, А.Г. Дружинина, Т. Пальмовского. Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта, 2019. С. 163–180. EDN: WGXRAQ
9. *Емельянова Л.Л., Лялина А.В.* Рынок труда эксклавной Калининградской области в условиях пандемии COVID-19 // Балтийский регион. 2020. Т. 12, № 4. С. 61–82. DOI: 10.5922/2079-8555-2020-4-4 EDN: DRMHKM
10. *Емельянова Л.Л., Фидря Е.С.* Оценка рисков и возможностей реализации Программы оказания содействия добровольному переселению в Калининградскую область РФ соотечественников, проживающих за рубежом // Балтийский регион. 2014. № 2 (20). С. 81–96. DOI: 10.5922/2074-9848-2014-2-5 EDN: SFBMMB
11. *Зарубина Т.А.* «Кадровый потенциал» и «трудовой потенциал»: различия в определении понятий // Аллея науки. 2017. № 1 (8). С. 218–221. EDN: YNTJMR
12. *Колосов В.А., Зотова М.В., Себенцов А.Б.* Местное приграничное передвижение на российско-польской границе как инструмент трансграничной интеграции // Социально-экономические, геополитические и социокультурные проблемы развития приграничных районов России: материалы XXXII ежегодной сессии экономико-географической секции МАРС, Псков, 08–11 июня 2015 года. Псков: Эслан, 2016. С. 97–107. EDN: XHKFOF
13. *Крышталева Т.Ю.* Методика оценки состояния трудового потенциала регионов РФ // Мир экономики и управления. 2017. № 17 (3). С. 35–46. DOI: 10.25205/2542-0429-2017-17-3-35-46 EDN: ZDMPYZ
14. *Кузин В.И., Филиппов В.Н.* Состояние и основные тенденции развития трудового потенциала Калининградской области // Проблемы межрегиональных связей. 2021. № 15. С. 32–38. EDN: HLVUHD
15. *Лялина А.В.* Внутрорегиональная миграция как фактор динамики численности населения муниципальных образований Калининградской области // Региональные исследования. 2023. № 3 (81). С. 65–80. DOI: 10.5922/1994-5280-2023-3-6 EDN: ORVEZI
16. *Лялина А.В.* Межрегиональные и межстрановые «перетоки» трудовых ресурсов в Калининградскую область: факторы и векторы в современном евразийском контексте // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 2018. № 4. С. 47–64. EDN: YVBBXF
17. Миграционные процессы в формировании трудового потенциала приграничных регионов России: 2011–2021 / А.П. Клемешев, В.В. Войников, Ф.Х. Соколова [и др.]. Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта, 2023. 220 с. ISBN 978-5-9971-0816-8. ISBN: 978-5-9971-0816-8 EDN: DEFLFW
18. Мониторинг деятельности образовательных организаций высшего образования в 2023 году. URL: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=vpo&year=2023> (дата обращения: 19.08.2024)
19. Мониторинг деятельности образовательных организаций средне-профессионального образования в 2023 году. URL: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=spro&year=2023> (дата обращения: 19.08.2024)

Экономическая, социальная и политическая география

Плотникова А.П.

20. Огий О.Г. Демографический вклад в развитие трудового потенциала Калининградской области // Балтийский экономический журнал. 2023. № 4 (44). С. 113–130. DOI: 10.46845/2073-3364-2023-0-4-115-131 EDN: JTMZVT
21. Солдаткин А.А., Крахмалов А.Н. Концептуальные основы определения категории «трудоустройство» // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 8–1. С. 68–74. DOI: 10.17513/vaael.1811 EDN: DYMMXR
22. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области. URL: <https://39.rosstat.gov.ru/population> (дата обращения: 02.09.2024)
23. Тесленок С.А., Байчурина Р.М. Картографирование демографических показателей субъектов Приволжского федерального округа в 2018 г. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Серия Естественные и точные науки. 2020. Т. 14, № 1. С. 112–118. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-1-112-118 EDN: HWWNKK
24. Тесленок С.А., Куделькин С.А., Тесленок К.С. Геоинформационное картографирование основных показателей социально-экономического развития регионов Дальневосточного федерального округа // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2017. Т. 23, № 1. С. 38–50. DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-38-50 EDN: ZIGDZR
25. Федоров Г.М. Эффективные трудовые ресурсы как фактор развития Калининградской экономики // Балтийский регион. 2015. № 1 (23). С. 101–116. DOI: 10.5922/2074-9848-2015-1-6 EDN: YFEYYA
26. Федоров Г.М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион. 2014. № 2 (20). С. 7–28. DOI: 10.5922/2074-9848-2014-2-1 EDN: SFBMKN
27. Фурсов В., Кривокопа Е., Стриелковски В. Региональные аспекты оценки трудового потенциала в современной России // Terra Economicus. 2018. № 16 (4). С. 95–115. DOI: 10.23683/2073-6606-2018-16-4-95-115 EDN: VPKIZE
28. Хадасевич Н.Р. Оценка трудового потенциала: подходы и методы // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 6. EDN: RTYXYN
29. Цугленок О.М. «Трудовой потенциал» и «трудоустройство»: различия в определении понятий // Эпоха науки. 2020. № 22. С. 193–196. DOI: 10.24411/2409-3203-2020-12243 EDN: REVYCT
30. Черкасов А.А., Соннев Н.В., Панин А.Н. ГИС-мониторинг современного демографического развития регионов и больших городов Юга Европейской части России // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 4. С. 347–360. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-347-360 EDN: BAWMGA
31. Чутикова С.А., Ойдул Т.М. Геоинформационное картографирование социально-экономических показателей приграничных регионов Сибирского федерального округа // Природные ресурсы, среда и общество. 2021. № 3 (11). С. 47–52. DOI: 10.24412/2658-4441-2021-3-47-52 EDN: JBNCPQ
32. Lialina A.V., Morachevskaya K.A. Economic Access to Food and COVID-19: New Challenges for the Russian Exclave. Reg. Res. Russ. 2022. № 12. P. 335–349. DOI: 10.1134/S2079970522700289 EDN: UQASSC

References

1. Actual problems of economic, demographic, food, innovation and foreign economic security of the Kaliningrad region: Analytical report. G.M. Fedorov, K.Yu. Voloshenko, A.A. Mikhailova, A.A. Novikova. - Kaliningrad: Immanuel Kant Baltic Federal University, 2024. 111 p. ISBN 978-5-9971-0840-3. (In Russ.)
2. Bolshenko S.F. Methodology for assessing the competitiveness of the region's labor potential (using the Northwestern Federal District as an example). *Bulletin of the Kerch State Marine Technological University*. 2018. № 4. P. 134–147. (In Russ.)
3. Vlasova T.A. Theoretical and methodological considerations of comprehensive assessment of labor potential at the regional level. *Economic analysis: theory and practice*. 2017. № 1(460). P.105–115. (In Russ.)
4. Voloshenko K.Yu., Lialina A.V. Attractiveness of the Kaliningrad region: pull factors and reasons for disappointments of migrants from Russian regions. *Balt. Reg.* 2022. Vol. 14, No. 3. P. 102–128. DOI 10.5922/2079-8555-2022-3-6.
5. Voloshenko K.Yu., Lialina A.V., Farafonova Yu.Yu., Novikova A. A. Work-Related Pull Factors and Mechanisms for Attracting Internal Migrants to the Kaliningrad Region. *Russian Journal of Regional Studies*. 2023. №31(1). P.143–165. doi: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.122.031.202301.143-165>. (In Russ.)
6. Gumenyuk I.S., Sibireva N.I., Fedorov D.G. Employment in the Kaliningrad region in comparison with the nearest regions of Russia and with the average Russian level. *Vestnik IKBFU. Natural and medical sciences*. 2020. №1. С. 30–42. (In Russ.)
7. Unified register of small and medium-sized businesses of the Federal Tax Service. [Electronic resource]: <https://rmsp.nalog.ru/search.html?mode=extended#> (accessed 19.08.2024).
8. Emel'janova L.L. Trudovye resursy Kaliningradskoy oblasti: regional'nye osobennosti formirovaniya i opyt izucheniya. *Problemy regional'nogo razvitiya v nachale XXI veka: Materialy mezhdunarodnoj nauchnoy konferencii, Kaliningrad, 18–21 December 2019*. Ed. G.M. Fedorov, L.A. Zhindarev, A.G. Druzhinin, T. Pal'movskij. Kaliningrad: IKBFU, 2019. P. 163–180. (In Russ.)
9. Yemelyanova L.L., Lyalina A.V. 2020. The labour market of Russia's Kaliningrad exclave amid COVID-19. *Balt. Reg.* Vol. 12. №4. P.61–82. doi: 10.5922/2079-8555-2020-4-4.
10. Yemelyanova L., Fidrya E. Federal Repatriation Programme in the Kaliningrad region: an Assessment of Risks and Opportunities. *Balt. Reg.* 2014. № 2(20). P. 63–74. DOI 10.5922/2079-8555-2014-2-5.
11. Zarubina T.A. "Kadrovyy potencial" i "trudovoy potencial": razlichija v opredelenii ponjatij. *Alleja nauki*. 2017. № 1(8). P. 218–221. (In Russ.)
12. Kolosov V.A., Zotova M.V., Sebencov A.B. Mestnoe prigranichnoe peredvizhenie na rossijsko-pol'skoj granice kak instrument transgranichnoj integracii. *Social'no-jekonomicheskie, geopoliticheskie i sociokul'turnye problemy razvitiya prigranichnyh rajonov Rossii: materialy XXXII ezhegodnoj sessii jekonomiko-geograficheskoy sekcii MARS, Pskov, 08–11 June 2015*. Pskov: Jeslan, 2016. P. 97–107. (In Russ.)
13. Kryshtaleva T.Yu. Assessment Method of the State of Labour Potential in Regions of the Russian Federation. *World of Economics and Management*. 2017. Vol. 17. № 3. P. 35–46. (In Russ.)
14. Kuzin V., Filppov V. The state and the main trends in the development of labor potential in the Kaliningrad region. *Problemy mezhregional'nyh svyazej*. 2021. №15. P.32–38. (In Russ.)
15. Lyalina A.V. Intra-Regional Migration As a Factor in the Dynamics of the Population of Municipalities of the Kaliningrad Region. *Regional Research*. 2024. № 3(81). P. 65–80. DOI 10.5922/1994-5280-2023-3-6. (In Russ.)

16. Lyalina A.V. Interregional and cross-country flows of labor resources in the Kaliningrad region: factors and vectors in the contemporary Eurasian context. *Vestnik IKBFU. Natural and medical sciences*. 2018. №4. P.47-64. (In Russ.)
17. Migracionnye processy v formirovanii trudovogo potenciala prigranicnyh regionov Rossii: 2011—2021: monografija / Ed. A.P. Klemeshev, A.V. Ljalina — Kaliningrad : Izdatel'stvo IKBFU, 2023. 220 p. (In Russ.)
18. Monitoring dejatel'nosti obrazovatel'nyh organizacij vysshego obrazovanija, 2023. [Monitoring the activities of higher education institutions in 2023] [Electronic resource]: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=vpo&year=2023>: (accessed 19.08.2024).
19. Monitoring dejatel'nosti obrazovatel'nyh organizacij sredne-professional'nogo obrazovanija, 2023. [Monitoring the activities of secondary vocational education institutions in 2023] [Electronic resource]: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=spo&year=2023> (accessed 19.08.2024).
20. Ogiy O.G. Demographic contribution to the development of the labor potential of the Kaliningrad region. *Baltic Economic Journal*. 2023. Vol. 4(44). P. 113-130. (In Russ.)
21. Soldatkin A.A., Krakhmalov A.N. Conceptual aspects of the definition of the category "labor potential". *Vestnik Altajskoj Akademii Jekonomiki I Prava*. 2021. № 8-1. P. 68-74. DOI 10.17513/vaael.1811. (In Russ.)
22. Territorial agency of the Federal State Statistics Service for the Kaliningrad region. [Electronic resource]: <https://monitoring.miccedu.ru/?m=vpo&year=2023>: (accessed 02.09.2024)
23. Teslenok S.A., Baychurina R.M. Mapping of demographic indicators of the subjects in Volga Federal District in 2018. *Dagestan state pedagogical university. Journal. Natural and exact sciences*. 2020. T. 14, № 1. P. 112-118. DOI 10.31161/1995-0675-2020-14-1-112-118. (In Russ.)
24. Teslenok S.A., Kudel'kin S.A., Teslenok K.S. Geoinformation mapping of main indicators of social-economic development of regions of the Far Eastern Federal District. *Intercarto. InterGIS*. 2017. Vol. 23. № 1. P. 38-50. DOI 10.24057/2414-9179-2017-1-23-38-50. (In Russ.)
25. Fedorov G.M. Human Resource Efficiency as a Development Factor for the Kaliningrad Economy. *Balt. Reg.* 2015. № 1(23). P. 75-87. DOI 10.5922/2079-8555-2015-1-6. (In Russ.)
26. Fedorov G. Current Issues in the Geodemographic Studies in Russia. *Balt. Reg.* 2014. № 2(20). P. 4-21. DOI 10.5922/2079-8555-2014-2-1. (In Russ.)
27. Fursov V., Krivokora E., Strielkowski W. Regional Aspects Of Labor Potential Assessment In Modern Russia. *Terra Economicus*. 2018. № 16(4). P. 95-115. (In Russ.)
28. Khadasevich N.R. Evaluation of labor potential approaches and methods. *Internet-journal «Naukovedenie»*. 2014. № 6. (In Russ.)
29. Tsuglenok M.O. "Labor potential" and "labor resources": differences in the definition of concepts. *Jepoha nauki*. 2020. № 22. P. 193-196. DOI 10.24411/2409-3203-2020-12243. (In Russ.)
30. Cherkasov A.A., Sopnev N.V., Panin A.N. Gis-Monitoring of modern transformation of the demographic structure of regions and large cities of the South of the European part of Russia. *Intercarto. InterGIS*. 2021. Vol. 27. № 4. P. 347-360. DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-347-360. (In Russ.)
31. Chupikova S.A., Oydup T.M. Geo-Information mapping of socio-economic indicators of border regions of the Siberian Federal District. *Prirodnye resursy, sreda i obshchestvo*. 2021. № 3(11). P. 47-52. DOI 10.24412/2658-4441-2021-3-47-52. (In Russ.)
32. Ljalina A.V., Morachevskaya K.A. Economic Access to Food and COVID-19: New Challenges for the Russian Exclave. *Reg. Res. Russ.* 2022. №12. P. 335–349. <https://doi.org/10.1134/S2079970522700289>

Статья поступила в редакцию: 07.10.24, одобрена после рецензирования: 07.11.24, принята к опубликованию: 12.06.25.

The article was submitted: 7 October 2024; approved after review: 7 November 2024; accepted for publication: 12 June 2025.

Информация об авторе

Ангелина Петровна Плотникова

аспирант,

Балтийский Федеральный университет

им. И. Канта;

236041, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, 14

e-mail: a.plotnikova.1416@gmail.com

Information about the author

Angelina P. Plotnikova

Postgraduate Student,

Immanuel Kant Baltic Federal University;

14, A. Nevskogo st., Kaliningrad, 236041, Russia

Научная статья

УДК 332.12+910

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-31-43

EDN: ARAHZK

**ПОСТСОВЕТСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ГОРОДСКОГО ПРОСТРАНСТВА
КАЗАХСТАНА И КЫРГЫЗСТАНА (НА ПРИМЕРЕ АЛМАТЫ И БИШКЕКА)****Ксения Викторовна Демидова¹, Михаил Алексеевич Макушин²**^{1,2} Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия¹ metsan_henki@mail.ru² mihmakush@mail.ru

Аннотация. За постсоветский период города бывшего СССР претерпели значительные экстенсивные и интенсивные (внутренние) изменения. В статье анализируются трансформации, произошедшие в городской ткани гг. Бишкека и Алматы за постсоветский период, оцениваются масштабы и структура трансформаций. Для этого в приложении Google Earth Pro сопоставлялись аэрофотоснимки указанных городов за 1991, 2000 и 2023 гг., по которым выделялась площадь сплошной застроенной зоны по состоянию на 1991 и 2023 гг., а также изменения, которые произошли в городской застройке за постсоветский период в пределах советских границ городов. Застройка городов была разделена на 3 типа: сельский (индивидуальная жилая застройка – ИЖС), советский (регулярная многоэтажная застройка советского периода) и постсоветский. Авторами выявлен почти двукратный рост сплошной застроенной зоны Бишкека и трехкратный рост Алматы за постсоветский период. Для Бишкека этот рост практически полностью обеспечен сельским типом застройки, для Алматы отмечаются и городские/субурбанизационные типы застройки (многоэтажное строительство, элитные коттеджные поселки). Внутри советских границ значительно сильнее трансформировался Алматы, примерно поровну эти изменения коснулись сельских и советских районов города. Внутренние изменения в Бишкеке в 5 раз меньше по площади, чем в Алматы, и в большей степени коснулись советских районов. Авторами выделены типичные стратегии трансформации городской ткани, как характерные для обоих городов (уплотнение – застройка пустырей, кварталов ИЖС, промышленных зоны в пределах территории регулярной застройки и др.), так и уникальные (например, застройка многоэтажным жильем зеленых зон в Бишкеке и строительство бизнес-центров на месте кварталов ИЖС или советской регулярной застройки в Алматы).

Ключевые слова: городское пространство, постсоветские трансформации, жилая застройка, коммерческая недвижимость, Центральная Азия

Для цитирования: Демидова К.В., Макушин М.А. Постсоветские трансформации городского пространства Казахстана и Кыргызстана (на примере Алматы и Бишкека) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 31–43. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-31-43. EDN: ARAHZK

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-31-43

EDN: ARAHZK

**POST-SOVIET TRANSFORMATIONS OF URBAN SPACE
IN KAZAKHSTAN AND KYRGYZSTAN (THE CASES OF ALMATY AND BISHKEK)****Ksenia V. Demidova¹, Mikhail A. Makushin²**^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia¹ metsan_henki@mail.ru² mihmakush@mail.ru

Abstract. During the post-Soviet period, the cities of the former USSR underwent significant extensive and intensive (internal) changes. The article analyzes the transformations that took place in the urban space of the cities of Almaty and Bishkek during the post-Soviet period, the scale and structure of the transformations are assessed. For this purpose, the Google Earth Pro application was used to compare aerial photographs of the cities taken in 1991, 2000, and 2023; based on these, the authors have identified the continuous built-up area as of 1991 and 2023 as well as changes that occurred in urban development during the post-Soviet period within the Soviet borders of the cities. Urban development



© 2025 Эта работа Демидовой К.В., Макушина М.А. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

was divided into 3 types: rural (individual housing), Soviet (regular multi-story buildings of the Soviet period), and post-Soviet. The authors have revealed an almost twofold increase in the size of the continuous built-up area in Bishkek and a threefold increase in Almaty. For Bishkek, this growth was almost completely due to the rural type of development, while for Almaty, urban/suburban types (multi-story construction, elite cottage settlements) are also noted. Within the Soviet borders, Almaty was transformed to a much greater extent; the changes affected rural and Soviet areas of the city in approximately equal proportions. Internal changes in Bishkek are 5 times smaller in area than in Almaty; they mostly occurred in Soviet districts. The authors have identified typical strategies for the transformation of the urban space: these characteristic of both cities (densification – the development of vacant lots, individual housing blocks, industrial zones within the territory of regular development, etc.) and unique strategies (for example, the construction of multi-story housing in green areas in Bishkek and of business centers on the site of individual housing blocks or Soviet regular development in Almaty).

Keywords: urban space, post-Soviet transformations, residential development, commercial real estate, Central Asia

For citation: Demidova, K.V., Makushin, M.A. (2025). Post-Soviet transformations of urban space in Kazakhstan and Kyrgyzstan (the cases of Almaty and Bishkek). *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 31–43. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-31-43. EDN: ARAHZK

Введение

Уже более 30 лет бывшие советские республики развиваются как суверенные государства, определяя собственные внешне- и внутриполитические приоритеты. Однако это развитие осуществляется не с нуля, а на сформированной в советский период базе [10], которая трансформируется в соответствии с новыми государственными целями и задачами. Активные трансформации этой базы являются индикаторами в том числе попыток ухода данных государств от советского прошлого, формирования национальной идентичности и национальной идеи вне системы советских ценностей. Следствиями и индикаторами подобных процессов могут быть и пространственные трансформации современных городов, в особенности столиц этих государств, где трансформационные процессы в целом более активны.

Понятие «советские ценности» является многоаспектным и касается как экономических, социальных, так и культурных особенностей развития республик. Их можно отметить и в градостроительстве: архитектурные стили и типы застройки советского периода, создание памятных и рекреационных объектов (парки, скверы, площади), наименования улиц, посвященных партийной и общесоюзной истории и географии.

В соответствии с различиями в сферах проявления данного понятия изучение происходящих в постсоветских странах трансформаций может осуществляться различными методами – через анализ направлений социально-экономического развития, культурного взаимодействия [14] и др. По мнению авторов, направления постсоветских изменений позволят понять в том числе и рассмотреть трансформации городского пространства бывших столиц республик. Через подобный анализ можно увидеть изменения в бытовой жизни населения и в национальных приоритетах, которые встраиваются в уже существующую городскую среду.

В данном исследовании мы оцениваем масштабы изменений площади и структуры городской застройки гг. Бишкека (Республика Кыргызстан) и Алматы (Республика Казахстан) в постсоветский период в качестве индикатора направлений трансформации городской среды. Выбор Алматы в данном случае обусловлен тем фактом, что этот город имел столичный статус в советский период и, хотя потерял его в 1990-е гг., всё равно остался главным экономическим центром Казахстана, в случае же Бишкека город является основным политическим и экономическим центром страны. Это даёт возможность проанализировать и то, влияет ли потеря политического статуса на происходящие в городском пространстве трансформации.

Обзор литературы

В отечественной литературе получило развитие изучение нескольких типов постсоветских трансформаций в странах Центральной Азии: социальные, экономические и экологические [13], в том числе названные типы рассматриваются и в контексте городского развития. Существующие исследования значительно большее внимание уделяют Казахстану и его агломерациям, но не Кыргызстану. Так, население городских структур Казахстана изучали Абилов А.Ж., Кусаинова Г.К., Искалиев Д.Ж., Махрова А.Г. [1, 5], а экономические трансформации рассматривали Афонцев С., Бадина О.В., Голубчиков О.Ю., Зубаревич Н.В. [2, 3]. Изменения экологической ситуации в столицах постсоветских стран с 1988 по 2012 г. анализировались Колдобской Н.А. [9].

Обобщающим является исследование Махровой А.Г., Сафронова С.Г. и Абилова А.Ж., где рассматриваются тенденции социально-экономического развития постсоветских городских агломераций Казахстана [11]. Все исследователи сходятся в том, что население и экономика городов и городских агломераций Центральной Азии активно растут [7, 11], и этот процесс не замедляется. Однако количественные оценки территориальной проекции и следствий этого процесса для данной территории отсутствуют, что авторы и ставят целью данного исследования.

В постсоветский период для городов и их агломераций также были характерны процессы субурбанизации, подробно исследуемые на примере российских агломераций [4, 6], и «ложной урбанизации» [5], проявления которых сложно отделить друг от друга в «сельско-городском континууме» [15] без изучения структуры новых городских районов (что требует погружения на микроуровень исследований). Эта проблема наиболее остро стоит при исследовании центральноазиатских городов, рост которых во многом обеспечивается малоэтажной сельской

застройкой. В зарубежной и российской литературе процесс «расползания городов» за счет роста малоэтажной застройки в пригородах называется «спрол» (англ. sprawl) [4, 19], появляющийся с развитием классической автомобильной субурбанизации [4, 16]. Подобные процессы характерны и для США [16], и для европейских стран [22], и для постсоциалистических государств [20, 23], однако работы, изучающие этот процесс в странах Центральной Азии, отсутствуют.

В одной из наиболее близких к данному исследованию работ по изучению спрола в Румынии преимущественно анализируется сам процесс территориального роста городов с выделением их типов [24]. Однако авторы данного исследования изучают и структуру постсоветских трансформаций внутри советских границ городов на 1991 г., что является новым направлением в контексте изучения указанных городов. Трансформации в границах городов долгое время оставались недоисследованными, так как внимание было обращено в большей степени на пригороды [8], города активнее прирастали многоэтажной [3] или одноэтажной застройкой [6, 18] на периферии. Однако сейчас центры городов меняются с такой же высокой интенсивностью, как и пригородные зоны [18]. Наиболее частые типы трансформации – уплотнение жилой застройки, повышение этажности жилых и коммерческих зданий, редевелопмент производственных зданий в жилые или креативные пространства, джентрификация и обновление целых районов [17, 18, 21], что повышает концентрацию различных видов деятельности в городе и увеличивает интенсивность использования территории [18]. Постсоветские города тоже испытывают на себе процессы, характерные для других городов мира, однако стратегии смены некоторых функций территории (промышленных зон, общественных пространств) и модернизации городской инфраструктуры отличаются от классических примеров [18, 21].

Смена некоторых функций территории внутри городов обуславливается стремлением государств отказаться от прошлого культурного пласта (развитие в концепции постколониальности [12]), и внутригородские трансформации становятся индикатором этого явления.

Материалы и методы

В рамках исследования акцент сделан на соотношении изменений, произошедших в городской ткани путём сопоставления трансформаций внутри советской регулярной средне- и многоэтажной застройки, которая является «ядром» рассматриваемых городов и площадного прироста застроенной территории вне указанных «ядер». Под «трансформацией» в данном контексте подразумевается в первую очередь смена функций и/или типа застройки в постсоветский период по сравнению с советским: 1. Снос советской застройки (с любым функциональным назначением) и новое строительство на этих участках; 2. Застройка (с любым функциональным назначением) неиспользуемых земель, остававшихся в пределах советской регулярной застройки; 3. Новое строительство (с любым функциональным назначением) на месте кварталов индивидуальных жилых домов в пределах советской регулярной застройки; 4. Новое строительство (с любым функциональным назначением) вне зоны советской регулярной застройки.

С помощью программного обеспечения Google Earth Pro сопоставлялись аэрофотоснимки городов за 1991, 2000 и 2023 гг., по которым выделялась площадь сплошной застроенной зоны, зоны регулярной многоэтажной застройки по состоянию на 1991 и 2023 гг., а также изменения, которые произошли в городской застройке в 2023 г. по сравнению с 2000 г. в пределах границ городов 1991 г. Оценивать изменения в сравнении с 1991 г. оказалось невозможным ввиду низкого качества доступных за 1990–1999 гг. аэрофотоснимков. Авторы предполагают, что внутригородские изменения за 1991–2000 гг. не были столь масштабными, как изменения 2000–2023 гг. По этой причине мы будем считать, что все изменения за период 2000–2023 гг. приравнены к изменениям за период 1991–2023 гг.

В связи с тем, что в 1997 г. был осуществлён перенос столичных функций из Алматы в Акмолу (современную Астану), данный анализ позволит также определить, влияет ли политический статус на векторы изменений в городском пространстве.

В данном исследовании не уделяется внимание разграничению понятий «город» и «городская агломерация», так как это не является научной задачей. Маркером границы города выступает завершение непрерывной зоны регулярной застройки [10], для выделения агломерации требуется выявление социальных и экономических связей [10], что является отдельной темой для исследования.

Процедура дешифрирования включала в себя несколько этапов:

1. Выделение границы непрерывной застройки в 1991, 2023 г. и расчет площади города в соответствующем году (S_i^{2023} , S_i^{1991}). Прирост городской территории (ΔS_i) в постсоветский период определялся по формуле:

$$\Delta S_i = \frac{S_i^{2023}}{S_i^{1991}} * 100 \% - 100 \%, \quad (1)$$

где i – соответствующий город Центральной Азии.

2. Определение типов застройки: сельский, советский и постсоветский по границам 1991 г. По тексту статьи под *советским типом застройки* мы понимаем регулярную мало-, средне- и многоэтажную застройку, а также промышленную застройку, осуществлявшуюся в период с 1922 по 1991 г. *Постсоветский тип застройки* – средне- и многоэтажная застройка, а также коммерческая застройка (торговая, офисная, складская недвижи-

Экономическая, социальная и политическая география

Демидова К.В., Макушин М.А.

мость), осуществлявшаяся в период с 1992 по 2023 г. Под *сельским типом застройки* мы понимаем индивидуальное жилищное строительство (ИЖС), осуществлявшееся в любой период времени за исключением элитных коттеджных поселков, которые относятся к постсоветскому типу застройки [5, 7, 9]. Районы дешифрировались по аэрофотоснимкам, «Яндекс.Картам» и «Яндекс.Панорамам», а также с использованием данных полевого визуального дешифрирования в ходе экспедиции в указанные города в 2024 г.

3. Оценка масштабов постсоветских трансформаций в структуре городской застройки производилась через расчёт общего прироста площади застроенной территории (включая ИЖС), соотношения этого прироста и доли внутригородских изменений в границах города на 1991 г. – трансформаций в пределах советской многоэтажной регулярной застройки и в пределах зоны ИЖС по формулам:

$$J' = \frac{S_{ji}^z}{S_i^{1991}} * 100 \%, \quad (2)$$

где J' – доля типа застройки (сельского, советского и постсоветского) в границах города 1991 г.; S – площадь в км²; i – соответствующий город; j – соответствующий тип застройки; z – соответствующий год (в нашем случае 1991 или 2023 г.).

$$\Delta S_{\Pi ji} = S_{\Pi ji}^{2023} - S_{\Pi ji}^{1991}, \quad (3)$$

где $\Delta S_{\Pi ji}$ – площадь постсоветских трансформаций (П) в пределах советского или сельского районов соответственно (j) в городе i .

$$\Delta S'_{\Pi ji} = \frac{\Delta S_{\Pi ji}}{S_{ji}^{1991}} * 100 \%, \quad (4)$$

где $\Delta S'_{\Pi ji}$ – доля постсоветских трансформаций в пределах советского или сельского районов.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматриваемые города испытывают общие процессы разрастания зоны сплошной застройки. Это происходит преимущественно за счет роста зон ИЖС, сочетания процессов субурбанизации и переезда в город сельских жителей, сохраняющих привычный им быт. Сплошная застроенная зона Алматы увеличилась по площади в 3,2 раза, Бишкека – в 1,7 раза (табл. 1). При этом разрастание Бишкека обеспечивается преимущественно за счет увеличения площади застройки сельского типа, в то время как в Алматы этот процесс сопровождался и строительством многоэтажных жилых комплексов.

За счёт ИЖС Бишкек вырос на 70 %. Если по состоянию на 1991 г. город вытягивался в направлении запад-восток вдоль основных транспортных автомагистралей (магистральная автодорога А365, идущая до границы с Китаем) и железнодорожных магистралей, вдоль которых концентрировались основные производственные объекты города, то за последние 30 лет рост осуществлялся «вширь» (направление север-юг) от этих трасс за счёт сельскохозяйственных земель на юге (частично уже заходя в горные долины), а также вдоль рек и каналов в направлении Ала-Арчинского и Нижне-Ала-Арчинского водохранилищ на севере. Дополнительной осью в этом направлении стала ул. Алма-Атинская, выходящая на трассу Е125 и ведущая до Алматы. Наиболее вероятно, что северное направление будет расширяться и далее, южное же ограничено горным массивом и наибольший потенциал в этом отношении имеет продолжение расширения за счёт расположенных к юго-востоку сельскохозяйственных угодий.

В советский период Алматы, наоборот, вытягивался с юга на север вдоль нынешних проспекта Назарбаева (переходящего в ул. Ильаса Жансугурова и трассу А3) и проспекта Суяубая, а также ул. Абдулы Розыбакиева. Обширная промышленная зона развивалась в северной части города вблизи ключевых железнодорожных магистралей. За последние 30 лет вектор пространственного развития города сместился в восточную сельскохозяйственную часть (Ауэзовский и Алатауский районы Алматы и Карасайский район Алматинской области). Восточное направление более населенное, активно растущее вблизи международной трассы Е125 (соединяющей Алматы с Бишкеком и Астаной), национальной трассы А2 на Шымкент. Северные периферийные районы Алматы в большей степени обрастают массовым многоэтажным жильем, а промышленные зоны частично трансформируются в торговые или складские объекты. Южное и западное направления в развитии города ограничены горными массивами и закрепились образом «верхних» районов города как мест локализации более богатого населения. Вероятно, эти территории продолжают концентрировать элитные коттеджные поселки.

Таблица 1

Table 1

Изменение площади сплошной застроенной зоны за постсоветский период

Changes in the size of the continuous built-up area in the post-Soviet period

	Алматы	Бишкек
Сплошная застроенная зона в 1991 г., км ²	186	141
Сплошная застроенная зона в 2023 г., км ²	593	243
Прирост площади города в постсоветский период, %	218,8	72,3

Источник: расчеты авторов

Source: authors' calculations

Помимо постсоветского разрастания городов, они также изменились и внутри советских границ 1991 г.: постсоветские трансформации в Алматы оказались также значительно существеннее, чем в Бишкеке (12,4 против 3,2 %) (рис. 1). Так, в 2023 году по сравнению с 1991-м доля сельского типа застройки в Алматы сократилась на 6,4 п.п. (в то время как в Бишкеке только на 1 п.п.), а доля советского типа застройки – на 6 п.п. Если Алматы движется к быстрому сокращению доминирования сельского типа застройки в городской структуре, то Бишкек продолжает оставаться сельским и испытывает процессы ложной урбанизации.

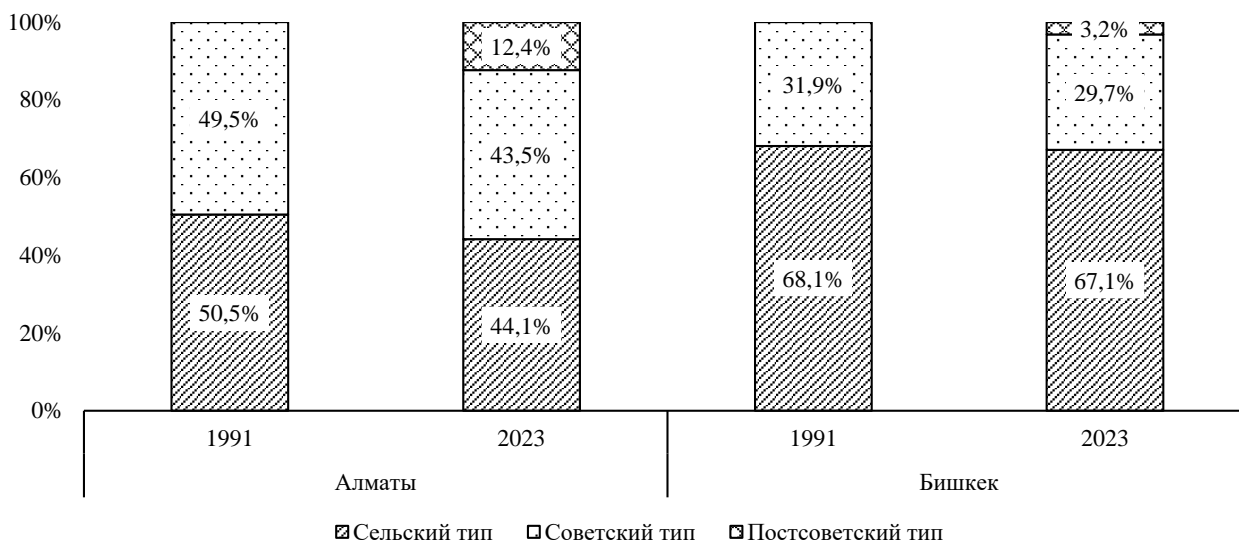


Рис. 1. Соотношение сельского, советского и постсоветского типов застройки в пределах сплошной застроенной зоны на 1991 г. Источник: расчеты авторов

Fig.1. The proportions of rural, Soviet, and post-Soviet types of buildings within the continuous built-up area as of 1991. Source: authors' calculations

В Алматы примерно одинаковая доля изменений коснулась и зоны ИЖС, и зоны советской регулярной застройки (табл. 2) как в абсолютных, так и в процентных значениях. В Бишкеке значительно сильнее трансформировалась зона советской регулярной застройки, чем зона ИЖС (табл. 2). Изменения в пределах зоны советской застройки составляют уже 7 % и, если исключить площади промышленных предприятий, могут достигнуть 10 %. В зоне ИЖС отмечены незначительные изменения – менее 2 %. На рис. 2 и 3 выделены зоны постсоветских трансформаций исследуемых городов.

Таблица 2
Table 2

Постсоветские трансформации в пределах сплошной застроенной зоны на 1991 г.
Post-Soviet transformations within the continuous built-up area as of 1991

	Алматы	Бишкек
Площадь советской регулярной застройки на 1991 г., км ²	92,1	44,9
Площадь трансформаций в пределах зоны советской регулярной застройки, км ²	11,2	3,0
Площадь трансформаций в пределах зоны ИЖС, км ²	11,8	1,4
Доля постсоветских трансформаций внутри зоны сплошной застройки 1991 г., %	12,4	3,2
Доля постсоветских трансформаций внутри зоны ИЖС 1991 г., %	12,6	1,5
Доля постсоветских трансформаций внутри зоны советской регулярной застройки 1991 г., %	12,2	6,7

Источник: расчеты авторов
Source: authors' calculations

Экономическая, социальная и политическая география
Демидова К.В., Макушин М.А.

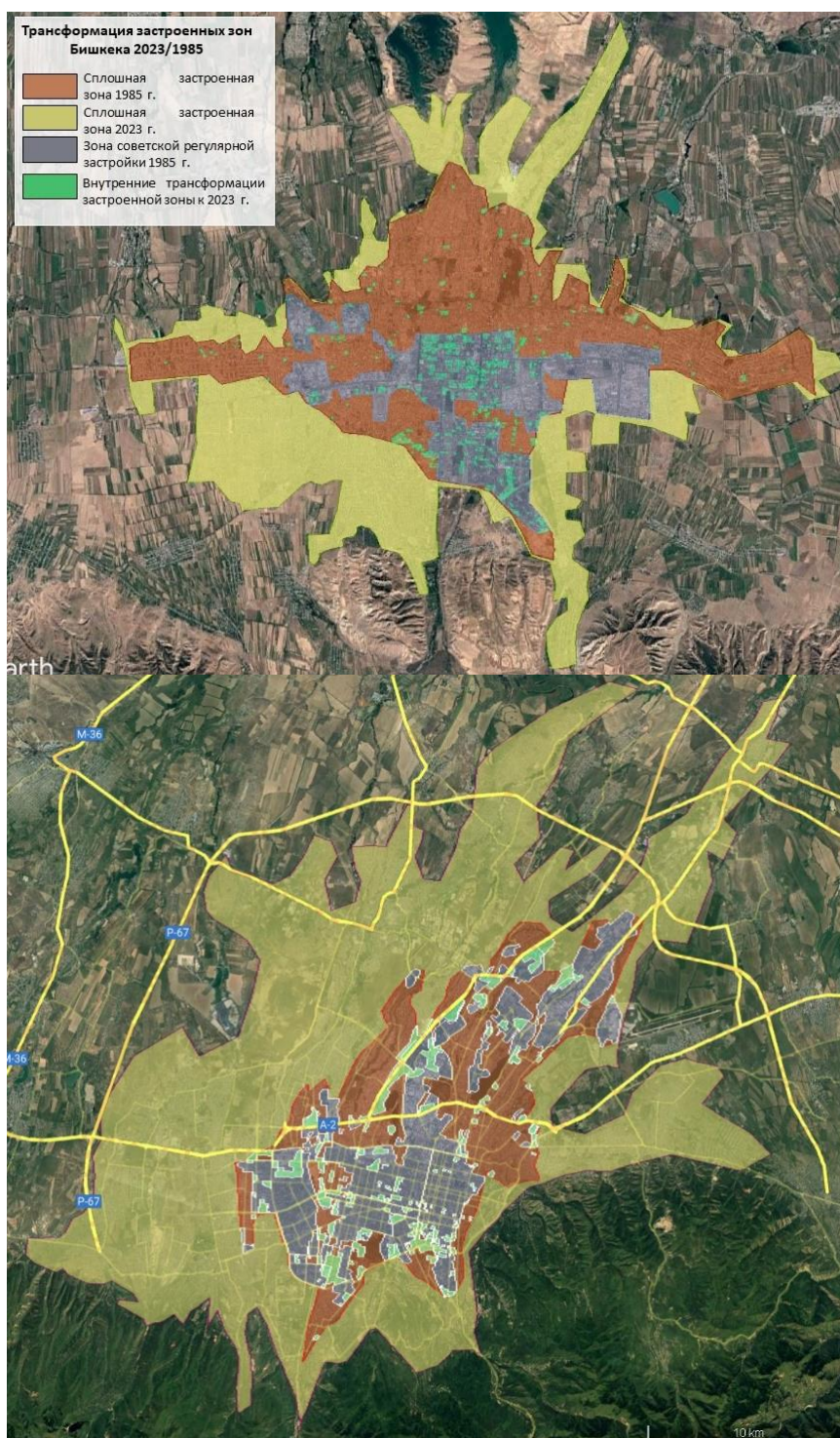


Рис. 2. Трансформация застроенной зоны гг. Бишкека (А) и Алматы (Б) в 2023 г. в сравнении с 1991 г.

Источник: составлено авторами

Fig.2. Transformation of the built-up area in Bishkek (A) and Almaty (Б) in 2023 in comparison with 1991

Source: compiled by the authors

Наиболее часто встречающиеся типы постсоветских трансформаций связаны с селитебными функциями городов: 1) строительство многоэтажных жилых домов на территории отдельных кварталов ИЖС в пределах зоны советской регулярной застройки (особенно в пределах центральной зоны города); 2) уплотнение советской микро-районной застройки или снос советских среднеэтажных зданий в пользу многоэтажного строительства (табл. 3).

Экономическая, социальная и политическая география
Демидова К.В., Макушин М.А.

Так, для Алматы ярким кейсом трансформации зоны ИЖС в зону многоэтажного строительства является юг Бостандыкского района (рис. 3). Район испытал масштабный снос индивидуального жилья, а на его месте появились современные многоэтажные здания (рис. 4), общественные пространства, торговый центр Mega Alma-Ata.



Рис. 3. Трансформация Бостандыкского района за постсоветский период: А) 1991 г., Б) 2023 г.
Источник: Google Earth Pro

Fig. 3. Transformation of the Bostandyksky District in the post-Soviet period: A) 1991, Б) 2023.
Source: Google Earth Pro



Рис. 4. Современный вид многоэтажной застройки Бостандыкского района (январь 2024 г.).
Источник: фото авторов

Fig. 4. Modern multi-story buildings in the Bostandyksky District (January 2024). Source: authors' photo

Для обоих городов характерны трансформации периферийных промышленных зон в многоэтажные кварталы, но уже большие по площади (выходящие за пределы производственных зон), либо в коммерческие объекты (торговые, складские).

Подобная трансформация произошла в том числе на юге Бостандыкского района: торговый центр Mega Alma-Ata размещен в 2006 г. на месте площадки Казахского радиотехнического завода. Одним из кейсов также является редевелопмент бывшей промышленной площадки между ул. Жандосова, ул. Ташена Утепова и ул. Абиша Кекилбайулы в жилой комплекс Rams City (рис. 5).

Тем не менее для Бишкека более характерны трансформации функциональных зон из промышленных в селитебные (особенно ярко – вдоль железных дорог, рис. 6), а для Алматы – в торгово-складские, что в том числе связано с более высокой экономической активностью в городе.

Экономическая, социальная и политическая география
Демидова К.В., Макушин М.А.



Рис. 5. Современный вид многоэтажной застройки ЖК Rams City (май 2024 г.). Источник: «Яндекс.Панорамы»
Fig. 5. Modern multi-story buildings of the Rams City residential estate (May 2024). Source: Yandex.Panoramas

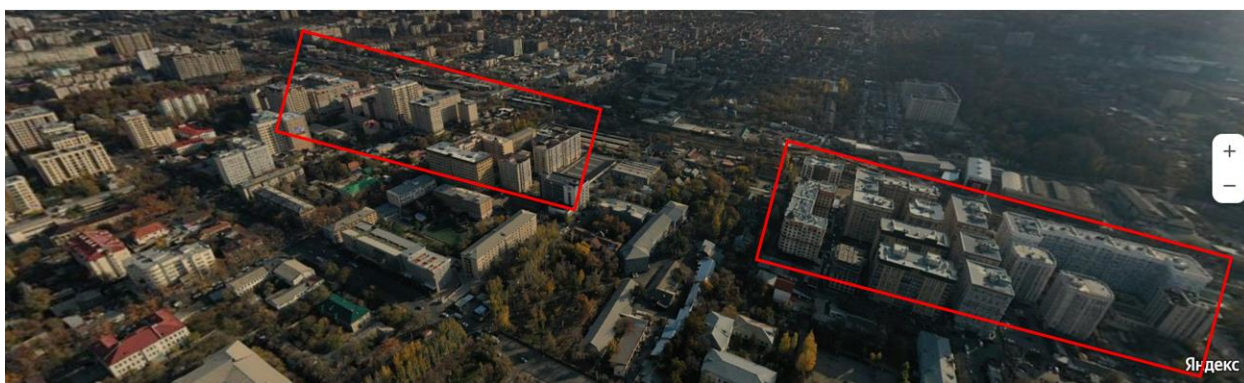


Рис. 6. Пример многоэтажной селитебной застройки на территории бывших промышленных земель вдоль железной дороги в г. Бишкеке. Источник: «Яндекс.Панорамы»
Fig. 6. An example of a multi-story residential development on the territory of former industrial lands along the railway in Bishkek. Source: Yandex.Panoramas

Так, в Алматы бывшая промплощадка на шоссе Северное кольцо в районе кладбища Рыскулова трансформировалась в торговые зоны («Байсат», «Батыр», «Ялян», «Алатау №1»), а территория бывшего аэродрома «Первомайский» застраивается современными складскими площадями (рис. 7), дефицит которых в крупнейшем экономическом центре страны ощущается очень остро.



Рис. 7. Трансформация территории аэродрома «Первомайский»: А) 1991 г., Б) 2023 г.
Источник: Google Earth Pro

Fig. 7. Transformation of the Pervomaysky aerodrome area: A) 1991, Б) 2023. Source: Google Earth Pro

Экономическая, социальная и политическая география
Демидова К.В., Макушин М.А.

Выделяются типы, относительно уникальные для каждого из городов в отдельности (табл. 3). Так, для Бишкека свойственна трансформация зеленых зон в многоэтажные жилые кварталы или объекты обслуживания (в том числе религиозные); для Алматы – многоэтажное строительство (рис. 8) либо строительство коттеджных поселков (рис. 9) на месте бывших сельскохозяйственных угодий, которые попадали в городскую черту (на периферии города), и строительство бизнес-центров (главным образом в центре и на юго-востоке города) в пределах зоны ИЖС и/или советской регулярной застройки.



Рис. 8. Появление многоэтажного микрорайона «Зердели» на месте сельскохозяйственных угодий:

А) 1991 г.; Б) 2023 г. Источник: Google Earth Pro

Fig. 8. Multi-story residential area Zerdely that has appeared on an agricultural land site:

А) 1991, Б) 2023. Source: Google Earth Pro

В пределах ИЖС точечные трансформации связаны преимущественно с появлением объектов социального обслуживания населения (школы) или объектов третичной сферы (рынки, торговые центры). В редких случаях возможны варианты расширения производственных зон.

















Рис. 9. Бывшие сельскохозяйственные угодья рядом с районом «Карасу» застроены ИЖС и коттеджными поселками: А) 1991 г., Б) 2023 г. Источник: Google Earth Pro

Fig. 9. Former agricultural lands near the Karasu District built up with individual housing and cottage settlements: А) 1991, Б) 2023. Source: Google Earth Pro

Экономическая, социальная и политическая география
Демидова К.В., Макушин М.А.

Таблица 3
Table 3

Типы постсоветских трансформаций городского пространства
Types of post-Soviet transformations of urban space

Тип трансформации	Алматы	Бишкек	1991	2023
Строительство многоэтажных жилых домов на территории отдельных кварталов ИЖС в пределах зоны советской регулярной застройки	++	++		
Уплотнение советской микрорайонной застройки или снос советских среднеэтажных зданий в пользу многоэтажного строительства	++	++		
Строительство многоэтажных жилых домов вместо производственных зон в пределах зоны советской регулярной застройки	+	++		
Строительство многоэтажных жилых домов или объектов обслуживания вместо зеленых зон города	—	++		
Многоэтажное строительство на месте бывших сельскохозяйственных угодий	++	—		
Трансформация зданий производственных предприятий в торговые или складские объекты	++	+		
Строительство бизнес-центров в пределах зоны ИЖС и/или советской регулярной застройки	+	—		

Примечание. ++ – тип трансформации встречается очень часто, + – встречается несколько примеров типа, — тип практически не встречается. Источник: составлено авторами.

Note. ++ – the type of transformation occurs very often; + – there are a few examples of the type; — the type is practically uncommon. Source: compiled by the authors.

В целом изменения в пределах Бишкека остаются сравнительно небольшими, касаются его центральных зон и соответствуют классическим трансформациям – уплотнению жилищного строительства за счёт промышленных и зеленых зон города, также точечного строительства в уже сложившихся микрорайонах или вместо от-

*Экономическая, социальная и политическая география**Демидова К.В., Макушин М.А.*

дельных зданий советской застройки. Однако эти изменения в площадном отношении не сопоставимы со скоростью прироста города вширь (доля площади внутренних трансформаций составляет только 4 % от общей площади прироста города). Новые же прирастающие территории целиком заполнены ИЖС, что позволяет говорить о явлении ложной урбанизации – несмотря на то, что город численно и по площади растёт, ценности и образ жизни нового населения наиболее вероятно городскими не являются, хотя частично можно наблюдать попытки формирования центров социального обслуживания в пределах ИЖС. В связи с этим возможно возникновение внутренних конфликтов между жителями города или деградация городской среды.

Алматы испытал более серьезные постсоветские трансформации, хотя доля внутренних трансформаций составила около 6 % от площади прироста города вширь (всего на 2 п.п. больше, чем в Бишкеке). Тем не менее структура постсоветских изменений в Алматы сложнее, а количество встречающихся типов трансформаций больше. Масштабы явления ложной урбанизации также велики, однако здесь структура ИЖС более сложная, чем в Бишкеке: встречаются и типичные субурбанизационные формы расселения (например, коттеджные поселки). Вместе с тем Алматы значительно быстрее, чем Бишкек, избавляется от советской застройки и даже обновляет административные здания, построенные в советский период, что также выдает стремление уйти от советского прошлого в городском пространстве. На скорость этого процесса влияет высокая роль Алматы в экономике Казахстана и ее позиции одного из основных экономических центров страны, что вынуждает следовать международным стандартам городского планирования и архитектуры.

Выводы

Постсоветский рост Алматы внутренне более сложен и территориально неоднороден как на периферии, так и в границах города 1991 г. по сравнению с Бишкеком:

- Алматы вырос сильнее на 146,5 %;
- на периферии Алматы встречаются и типичные городские трансформации (многоэтажная застройка), и изменения, связанные с классической субурбанизацией (элитные коттеджные поселки), но также отмечается рост сельской застройки. В Бишкеке трансформации на периферии более линейные и практически полностью обусловлены ростом сельской застройки;
- внутри границ 1991 г. Алматы трансформировался на 423 % больше. При этом в равной степени изменились и сельские, и советские районы, в то время как в Бишкеке большие изменения коснулись советских районов.

С учетом выделенных типов трансформаций территорий в исследуемых городах в основном увеличивается роль жилой недвижимости в структуре застройки, города уплотняют свою застройку для селитебных функций, хотя в менее значительных масштабах меняется и коммерческая застройка (что в основном характерно для Алматы как крупного экономического центра).

Алматы в большей степени трансформируется по модели развитых стран с выделением даунтауна с современными бизнес-центрами, джентрификацией отдельных территорий внутри города, редевелопментом промышленных зон, современными коттеджными поселками. Трансформации Бишкека больше похожи на модель развивающихся стран и связаны с ложной урбанизацией и ростом «сельских» пригородов.

При этом в изменениях городского пространства проявляются стремления выстроить национальную идентичность и уйти от советского прошлого: яркие примеры – строительство религиозных объектов на территории зеленых зон, перестройка зданий акимата в Алматы, появление памятников национальным героям в городах, переименование улиц. Это является однозначной особенностью стран Центральноазиатского региона на фоне других крупных городов мира. Для обоих городов также свойственен постепенный уход от традиционных форм организации некоторых типов общественных пространств, например это касается трансформации торговой инфраструктуры: от рынков торговля постепенно переходит в качественные торговые центры. В большей степени такая ситуация характерна для Алматы в связи с более активным развитием самого города и Республики Казахстан в целом (в том числе в направлении национальной культуры). Кыргызстан уступает в темпах развития своему соседу, потому масштабы внутренних изменений в столице пока относительно невелики, а значительная доля экстенсивного роста связана с процессами ложной урбанизации (сам факт явления может служить индикатором определённого уровня социально-экономического развития страны).

Значительное увеличение территории указанных городов, продолжающийся рост городского населения будут и дальше способствовать как экстенсивным, так и интенсивным изменениям городского пространства. Вероятно, потеря столичного статуса для Алматы замедлила трансформацию советского центра (которая могла бы быть более масштабной за счет строительства новых правительственных зданий и редевелопмента советского ансамбля), однако более принципиальным с точки зрения внутригородских трансформаций является статус Алматы как ключевого экономического центра страны, который обусловил появление всех остальных типов трансформации.

По результатам анализа градостроительных практик в мире и в Центральной Азии можно дать ряд рекомендаций. Во-первых, уплотнение застройки не должно вестись за счет зеленых зон (активно происходит в Бишкеке), поскольку зеленый каркас города улучшает экологическую обстановку, снижает негативные эффекты для здоровья населения в жаркие периоды года. Во-вторых, уплотнение застройки не должно вестись точечно, подобный тип застройки повышает мозаичность городской среды и снижает цельность ее восприятия. В-третьих,

Экономическая, социальная и политическая география

Демидова К.В., Макушин М.А.

перестройка советских кварталов должна учитывать их приспособленность к физико-географическим особенностям территории (особенно это касается кварталов, построенных после 1970-х гг. с учетом сейсмологических особенностей территории города). В-четвертых, часть советских районов, по мнению авторов, должна быть сохранена в качестве объектов культурного наследия.

Перспективы данного исследования связаны с продолжением анализа постсоветских трансформаций столиц других государств Центральной Азии, поскольку рассмотренные процессы характерны и для других столиц, а также (или) крупных городов республик Центральной Азии, и везде они, несмотря на некоторую типичность, имеют свои уникальные черты.

Библиографический список

1. Абилов А.Ж., Кусаинова Г.К., Махрова А.Г. Социологические исследования при анализе формирования городских агломераций Казахстана (на примере Астаны) // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2017. № 4. С. 75–83. EDN: ZGRVND
2. Афонцев С., Зубаревич Н. Пространственное развитие как механизм модернизации Республики Казахстан // Вопр. экономики. 2012. № 5. С. 53–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2012-5-53-58 EDN: OXHTGZ
3. Голубчиков О.Ю., Бадина О.В. Макрорегиональные тенденции развития городов бывшего СССР // Региональные исследования. 2016. № 2. С. 31–42. EDN: WHTRFT
4. Дохов Р.А., Синицын Н.А. Спрол в России: рост и структурная трансформация пригородов Белгорода // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 2. С. 191–206. DOI: 10.31857/S2587556620020053 EDN: VFWDRO
5. Исканиев Д.Ж. Городское расселение Казахстана: тенденции и факторы // Наука. Инновации. Технологии. 2017. № 2. С. 131–146. EDN: NEAUNF
6. Кириллов П.Л., Махрова А.Г. Субурбанизация в Московском столичном регионе: современное и перспективное состояние // Региональные исследования. 2009. № 4–5. С. 42–54.
7. Кириллов П.Л., Махрова А.Г. Сценарии демографического развития агломераций Казахстана // Демографическая ситуация в Казахстане: состояние и перспективы. Вопросы истории и археологии Западного Казахстана. 2011. № 2. С. 10–22.
8. Ковалев С.А. Типология пригородных зон // Вопросы географии. Сб. 87. Расселение в пригородных зонах. М.: Мысль, 1971. С. 44–51.
9. Колдобская Н.А. Исследование трансформации экологической ситуации с помощью интегральных индексов и рейтингов (на примере столиц постсоветских стран). Региональные исследования. 2014. № 45 (3). С. 84–91. EDN: SYCPBT
10. Ланто Г.М. Развитие городских агломераций в СССР. М.: Наука, 1978. 152 с. EDN: FIOIUL
11. Махрова А.Г., Сафронов С.Г., Абилов А.Ж. Городские агломерации Казахстана: тенденции социально-экономического развития // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2023. Т. 87, № 1. С. 16–28. DOI: 10.31857/S2587556623010119 EDN: LKERDP
12. Медеуова К. Затянувшаяся «советскость» и трансформации коллективной памяти: советские и постсоветские мемориальные комплексы в Казахстане. Новое литературное обозрение. 2020. № 1 (161). URL: https://www.nlobooks.ru/magazines/novoe_literaturnoe_obozrenie/161_nlo_1_2020/article/21982/ (дата обращения 01.10.24)
13. Постсоветское пространство: двадцать лет перемен: монография / под. ред. В.Л. Бабурина. Универсум Смоленск, 2013. 300 с.
14. Бехтерев С.Д., Боков М.А., Горячко М.Д. и др. Средняя Азия и Россия: диалектика взаимодействия // Исследования молодых географов: сборник статей участников зимних студенческих экспедиций / под ред. М.С. Савоскул, Н.Л. Фролова. М., 2022. С. 189–201. EDN: OYVJRL
15. Трейвиш А.И. Сельско-городской континуум: региональное измерение // Вопросы географии. Сб. 141. Проблемы регионального развития. М.: Кодекс, 2016. С. 51–71. EDN: WXYQQN
16. Batty M., Besussi E., Chin N. Traffic, urban growth and suburban sprawl. London: CASA, 2003. 12 p.
17. Collins J., Shester K. The Economic Effects of Slum Clearance and Urban Renewal in the United States. American Economic Journal: Applied Economics. 2013. № 5 (1). P. 239–273.
18. Florida R. The new urban crisis: How our cities are increasing inequality, deepening segregation, and failing the middle class-and what we can do about it. Hachette, UK. 2017. 352 p.
19. Harvey R.O., Clark W.A.V. The nature and economics of urban sprawl // Land Economics. 1965. Vol. 41, No. 1. P. 1–9.
20. Hirt S., Stanilov K. Twenty years of transition: The evolution of urban planning in Eastern Europe and the former Soviet Union, 1989–2009. UN HABITAT, 2009. 146 p.
21. Hulchanski J.D. The three cities within Toronto. Toronto: Cities Centre, 2010. 32 p.
22. Oueslati W., Alvanides S., Garrod G. Determinants of urban sprawl in European cities // Urban Studies. 2015. Vol. 52, No. 9. P. 1594–1614.
23. Slaev A.D., Nikiforov I. Factors of urban sprawl in Bulgaria // Spatium. 2013. No. 29. P. 22–29.
24. Suditu B., Ginavar A., Muica A., Iordachescu C., Vârdol A., Ghinea B. Urban sprawl characteristics and typologies in Romania // Human Geographies. 2010. Vol. 4, No. 2. P. 79–87.

References

1. Abilov A.Zh., Kusainova G.K., Makhrova A.G. Sociological studies for the analysis of formation of the metropolitan agglomerations in Kazakhstan (case study of the Astana City) // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2017. № 4. pp. 75–83.
2. Afontsev P.P., Zubarevich N. Spatial Development as a Modernization Driver for the Republic of Kazakhstan. Voprosy Ekonomiki. 2012, (5), pp. 53–58. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2012-5-53-58>.
3. Golubchikov O.Yu., Bad'ina O.V. The macro-regional trends in the development of cities in the ex-USSR States // Regional'nye issledovaniya. 2016. № 2. PP. 31–42.
4. Dokhov R. A., Sinitsyn N. A. Sprawl in Russia: Development and Structure of Belgorod Suburbia // Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2020. № 2. PP. 191–206. DOI: 10.31857/S2587556620020053
5. Iskaliev D.Zh. The urban settlement in Kazakhstan: trends and factors // Nauka. Innovatsii. Tekhnologii. 2017. № 2. PP. 131–146.

Экономическая, социальная и политическая география

Демидова К.В., Макушин М.А.

6. Kirillov P.L., Makhrova A.G. Suburbanizatsiya in the Moscow metropolitan region: current and future state // Regional'nye issledovaniya. 2009. № 4–5. PP. 42–54.
7. Kirillov P.L., Makhrova A.G. Scenarios for the demographic development of the agglomerations of Kazakhstan // Demograficheskaya situatsiya v Kazakhstane: sostoyanie i perspektivy. Voprosy istorii i arkheologii Zapadnogo Kazakhstana. 2011. № 2. PP. 10–22.
8. Kovalev S.A. Typology of suburbia zones // Voprosy geografii. Sb. 87. Rasselenie v prigorodnykh zonakh. M.: Mysl', 1971. PP. 44–51.
9. Koldobskaya N.A. Research of transformation of ecological situation by means of integral indexes and rating (on the example of the capitals of post-soviet countries). Regional'nye issledovaniya, 45 (3), 2014. PP. 84–91.
10. Lappo G.M. Development of urban agglomerations in the USSR. M.: Nauka, 1978. 152 pp.
11. Makhrova A. G., Safronov P. P., Abilov A. Zh. Urban Agglomerations of Kazakhstan: Trends in Socioeconomic Development // Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya. — 2023. — T. 87, № 1. — PP. 16–28.
12. Medeuova K. Prolonged "Sovietism" and transformations of collective memory: soviet and post-soviet memorial complexes in Kazakhstan. Novoe literaturnoe obozrenie, №1 (161), 2020.
13. Post-soviet space: 20 years of changes / Edited by V. L. Baburin. Universum Smolensk, 2013. 300 p.
14. Central Asia and Russia: dialectics of interaction / S. D. Bekhterev, M. A. Bokov, M. D. Goryachko et. al. // Issledovaniya molodykh geografov: sbornik statei uchastnikov zimnikh studencheskikh ekspeditsii. M.: 2022. PP. 189–201.
15. Treivish A.I. The rural-urban continuum: regional estimation // Voprosy geografii. Sb. 141. Problemy regional'nogo razvitiya. M.: Kodeks, 2016. PP. 51–71.
16. Batty M., Besussi E., Chin N. Traffic, urban growth and suburban sprawl. London: CASA, 2003. 12 p.
17. Collins J., Shester K. The Economic Effects of Slum Clearance and Urban Renewal in the United States. American Economic Journal: Applied Economics. 2013. №5(1). P. 239–273.
18. Florida R. The new urban crisis: How our cities are increasing inequality, deepening segregation, and failing the middle class-and what we can do about it. Hachette, UK. 2017. 352 p.
19. Harvey R.O., Clark W.A.V. The nature and economics of urban sprawl // Land Economicpp. 1965. V. 41. № 1. P. 1–9.
20. Hirt P.P., Stanilov K. Twenty years of transition: The evolution of urban planning in Eastern Europe and the former Soviet Union, 1989–2009. UN HABITAT, 2009. 146 p.
21. Hulchanski J. D. The three cities within Toronto. Toronto: Cities Centre. 2010. 32 p.
22. Oueslati W., Alvanides P.P., Garrod G. Determinants of urban sprawl in European cities // Urban Studiepp. 2015. V. 52. № 9. P. 1594–1614.
23. Slaev A.D., Nikiforov I. Factors of urban sprawl in Bulgaria // Spatium. 2013. № 29. P. 22–29.
24. Suditu B., Ginavar A., Muica A., Iordachescu C., Vârdol A., Ghinea B. Urban sprawl characteristics and typologies in Romania // Human Geographiepp. 2010. V. 4. № 2. P. 79–87.

Статья поступила в редакцию: 07.10.24, одобрена после рецензирования: 07.11.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 7 October 2024; approved after review: 7 November 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Ксения Викторовна Демидова

кандидат географических наук, ведущий инженер,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: metsan_henki@mail.ru

Михаил Алексеевич Макушин

аспирант, инженер, географический факультет,
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: mihmakush@mail.ru

Information about the authors

Ksenia V. Demidova

Candidate of Geographical Sciences, Lead Engineer,
Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State
University;
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

Mikhail A. Makushin

Postgraduate Student, Engineer, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

Вклад авторов

Демидова К.В. – идея, сбор материала, обработка материала, редактирование текста, создание карт.

Макушин М.А. – обзор литературы, сбор материала, обработка материала, создание карт и иллюстраций.

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

Contribution of the authors

Ksenia V. Demidova – the idea; data collection and processing; scientific editing of the text; creation of the maps.

Mikhail A. Makushin – literature review; data collection and processing; creation of the maps and figures.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 504.03

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56

EDN: BJQPSE



МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ (КПО) НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Михаил Игоревич Спирин¹, Марианна Дмитриевна Харламова²^{1,2} Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, Россия¹ 1142220082@pfur.ru, SPIN-код: 1433-7555² kharlamova-md@rudn.ru, SPIN-код: 9176-2134

Аннотация. В статье подробно изучаются ключевые факторы, определяющие эффективность работы комплексов по переработке отходов (КПО), расположенных в разных районах Московской области. В работе уделяется внимание анализу данных о количестве и составе отходов, поступающих на эти предприятия. Рассматриваются твердые коммунальные отходы (ТКО), крупногабаритные отходы (КГО), а также отходы, собранные в рамках раздельного сбора отходов (РСО). Приведены сведения о массе и морфологическом составе потока отходов, его изменении в зависимости от сезона. Дополнительно исследуются показатели загрузки линий сортировки на КПО, выводятся относительные показатели для оценки эффективности работы предприятий. Отдельный акцент сделан на объемах извлеченных вторичных материальных ресурсов (ВМР). В работе затрагивается проблема нехватки отходов для полноценного функционирования КПО. Анализируются как абсолютные, так и относительные показатели извлекаемых вторичных материальных ресурсов, а также их номенклатурный состав. В работе проведен анализ рынка вторичных материальных ресурсов. Полученные данные позволили установить взаимосвязь между эффективностью работы комплексов и такими факторами, как сезонность, объемы отходов, уровень загрузки оборудования, численность сотрудников и цены отбираемых вторичных материальных ресурсов. Рассмотрен и предложен подход к комплексной оценке деятельности КПО, учитывающий значимые технологические, экономические и социальные аспекты, что позволяет не только оценить текущую эффективность работы комплексов, но и адаптировать работу комплексов для достижения максимальной производительности. Такой подход направлен на повышение устойчивости и результативности систем управления отходами в регионе.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, комплекс по сортировке и обработке отходов, вторичный материальный ресурс, эффективность работы, морфология отходов

Для цитирования: Спирин М.И., Харламова М.Д. Многофакторная оценка эффективности работы комплексов по переработке отходов (КПО) на территории Московской области // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 44–56. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56. EDN: BJQPSE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56

EDN: BJQPSE

MULTIFACTOR ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF WASTE TREATMENT COMPLEXES IN THE MOSCOW REGION

Mikhail I. Spirin¹, Marianna D. Kharlamova²^{1,2} RUDN University, Moscow, Russia¹ 1142220082@pfur.ru, SPIN-code: 1433-7555² kharlamova-md@rudn.ru, SPIN-code: 9176-2134

Abstract. The article details the key factors that determine the efficiency of waste treatment complexes (WTC) located in different districts of the Moscow region. The authors analyze data on the quantity and composition of waste coming to these enterprises. Municipal solid waste (MSW), bulky waste (BW), as well as waste collected as part of separate waste collection (SWC) are considered. Information on the mass and morphological composition of the waste stream and changes in waste morphology depending on the season is given. In addition, the indicators of sorting lines utilization at WTC are studied, relative indicators are derived to assess the performance of the enterprises. A special emphasis is put on the volume of recovered secondary material resources (SMR). The article touches upon the problem of waste shortage hindering the



© 2025 Эта работа Спирина М.И., Харламовой М.Д. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

full-fledged functioning of WTC. Both absolute and relative indicators of recovered secondary material resources as well as their nomenclature are analyzed. The paper examines the market of secondary material resources. The data obtained indicate a relationship between the efficiency of the complexes and such factors as seasonality, waste volumes, equipment utilization level, number of employees, and prices of selected secondary material resources. The authors propose an approach to the integrated assessment of WTC operation that takes into account essential technological, economic, and social aspects, which makes it possible not only to assess the current performance of the complexes but also to adapt the operation of the complexes so that they could reach maximum performance.

Keywords: municipal solid waste (MSW), waste sorting and treatment complex (WTC), secondary material resource, performance efficiency, waste morphology

For citation: Spirin, M.I., Kharlamova, M.D. (2025). Multifactor assessment of the efficiency of waste treatment complexes in the Moscow region. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 44–56. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56. EDN: BJQPSE

Введение

В связи с прогрессирующим экономическим, социальным и промышленным развитием общества, увеличением численности населения и объемов потребления, эффективное природопользование становится одним из важных факторов решения проблемы. По данным Управления федеральной службы государственной статистики (РОСТСТАТ) по г. Москве и Московской области, с 2010 по 2023 г. численность населения в г. Москве и Московской области увеличилась на 18 % [1, 2]. В Московской области, по данным на 1 января 2024 г., проживает 8 651 260 человек, в Москве – 13 149 803 человек [4, 5]. Таким образом, общая численность населения Московской агломерации составляет 21,8 млн человек.

Одним из ключевых аспектов является реализация принципов экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) и эффективного управления отходами. В соответствии с указом президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» должна быть «создана устойчивая система обращения с твердыми коммунальными отходами, обеспечивающей сортировку отходов в объеме 100 %...» [3].

Для решения этой проблемы в 2019 г. в Московской области были введены в эксплуатацию комплексы по переработке отходов – КПО. К началу 2024 г. на территории Московской области эксплуатируется одиннадцать (11) КПО, суммарная проектная мощность которых составляет 7 430 000 т/год входящего потока [2]. Эти промышленные предприятия представляют собой основное звено в цепочке обращения с отходами, переработки их в конечный полезный продукт и обеспечивают минимизацию воздействия на окружающую среду.

Однако вскоре после запуска комплексов по переработке отходов (КПО) стало очевидно, что в Московском регионе существует ряд проблем [1], в разной степени влияющих на эффективность работы и рентабельность функционирования КПО, а именно:

- ощущается острая нехватка отходов – объем отходов, поступающих на комплексы по переработке отходов (КПО), в среднем по региону на 49 % меньше проектных мощностей*;
- в образовании отходов присутствует сезонность, что сказывается на ритмичности поставок отходов на КПО;
- отсутствует постоянство в соотношении между пригодными и непригодными для сортировки отходами;
- существует дефицит сотрудников на рынке труда в Московском регионе.

Все перечисленные выше факторы приводят к снижению эффективности работы комплексов по переработке отходов, и целью данного исследования является выявления зависимостей между указанными факторами и эффективностью работы комплексов, для чего были поставлены следующие задачи:

- уточнить и проанализировать абсолютные данные по входящему потоку отходов, а именно по их количественному и качественному составу во времени;
- произвести расчет относительных (удельных) показателей, эффективности работы;
- провести анализ рынка вторичных материальных ресурсов, вывести средневзвешенную стоимость 1 т ВМР;
- уточнить и проанализировать данные по обеспеченности линий сортировки сотрудниками.

* Примечание. Расчет объема отходов производился исходя из данных территориальной схемы Московской области на 2023 г. (раздел 5, табл. 6), который составляет 3 952 012 т. Данные об объемах отходов, образующихся в г. Москве, в расчет не брались в связи с отсутствием в открытом доступе Территориальной схемы г. Москвы. При пересчете показателей объема отходов в показатели массы использовался переводной коэффициент 8,72 т/м³. Расчет производился по следующей формуле:

$$100 \% - \frac{\text{Доставленные отходы (ТКО + РСО или пригодные для сортировки)}}{\text{Проектная мощность}} = 49 \%$$

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны три комплекса по переработке отходов (КПО) – комплексы «А», «Б» и «В», расположенные на территории Московской области и отраженные в территориальной схеме обращения с отходами Московской области. Все рассмотренные КПО выпускают одинаковую линейку продуктов сортировки (вторичных материальных ресурсов), имеют аналогичные технологические схемы и оборудование. Наименование выпускаемых фракций вторичного сырья:

1. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) – упаковка, цвет прозрачный/голубой, коричневый, зеленый, молочный матовый, масло, бытовая химия, прочее, смешанная;
2. Полиэтилен низкого давления (ПНД) – канистра, упаковка бытовая химия;
3. Полиэтилен высокого давления (ПВД) – пленка прозрачная, смешанная;
4. Макулатура – бумага газетно-журнальная, картон, упаковка «тетрапак»;
5. Полипропилен (ПП) – ящик, смешанный;
6. Стеклобой – смешанный, светлый;
7. Цветной металл – А30 банка алюминиевая, алюминиевая туба, цветной металл, электронный лом;
8. Черный металл – смешанный, луженная жечь, жестяная туба.

Рассматриваемые комплексы различаются проектной мощностью и имеют соответствующие ограничения по количеству сортируемых отходов. Проектная мощность КПО – показатель, отражающий максимальную пропускную способность линий сортировки отходов, выражаемую в тоннах в год. В табл. 1 приведены основные показатели по мощности сортировки указанных КПО.

Таблица 1

Table 1

Общие количественные показатели эффективности КПО**Overall quantitative indicators of WTC performance**

Название объекта	Мощность обработки ТКО, т/год	Загружено на линию сортировки, т/год	Отобрано (отсортировано) ВМР, т/год
КПО «А»	900 000	412 401	30 435
КПО «Б»	450 000	282 456	19 467
КПО «В»	1 050 000	497 634	31 815

В работе используются следующие термины и понятия:

1. КПО – комплекс по переработке отходов: объект обработки (сортировки), размещения, накопления, хранения и утилизации (захоронения) отходов;
2. ВМР – вторичный материальный ресурс: отбираемые на линии сортировки фракции, готовые для продажи с целью дальнейшей переработки;
3. Загрузка – загрузка отходов (т) на линию сортировки с целью обработки и получения ВМР;
4. Пригодные для сортировки отходов (ТКО+РСО) – доставляемые на КПО отходы, относящиеся к твердым коммунальным отходам, и продукты раздельного сбора отходов с высоким включением ВМР в состав отходов;
5. Непригодные для сортировки отходы (КГО) – доставляемые на КПО отходы, относящиеся к крупногабаритным, с низким включением ВМР в состав отходов;
6. Отбор ВМР – количество отбираемых вторичных материальных ресурсов, выраженное в тоннах;
7. Стоимость отбора ВМР выражена в рублевом эквиваленте, определяется ежемесячно в соответствии с минимальной рыночной стоимостью отбираемого ВМР;
8. Проектная мощность КПО – величина, отражающая пропускную способность линии сортировки в год.

Ключевым фактором, влияющим на эффективность работы КПО, является загрузка на линию сортировки, так как именно от количества поступающих на сортировку отходов зависит конечная прибыль и рентабельность предприятия, а также успешность реализации принципов экономики замкнутого цикла [8, 9].

Для комплексной оценки учитывались абсолютные значения, характеризующие количество отходов, поступающих (доставляемых) на комплексы в течение года ежемесячно, а именно:

1. масса доставляемых на КПО отходов, т;
2. масса годных к сортировке отходов (ТКО+РСО) – сумма несортированных твердых коммунальных отходов (ТКО) и вторичного сырья – раздельного сбора отходов (РСО), тонн;
3. масса непригодных к сортировке отходов – масса крупногабаритных отходов (КГО), т.

Для анализа факторов, влияющих на загрузку отходов на линию сортировки, были вычислены следующие относительные (удельные) показатели:

1. доля пригодных и непригодных к сортировке отходов, %;
2. доля загружаемых на линию сортировки отходов от количества доставленных отходов, %;
3. доля загружаемых на линию сортировки отходов от количества пригодных отходов, %;
4. доля загружаемых на линию сортировки отходов от проектной мощности комплексов, %.

Экономическая, социальная и политическая география

Спирин М.И., Харламова М.Д.

Анализ данных по всем КПО проводился с использованием матричных таблиц и графиков, которые были составлены для каждого анализируемого КПО (табл. 2–4, 6–8; рис. 1–6). На основании этого анализа были вычислены коэффициенты изменения по каждому КПО и составлены сводные таблицы (табл. 3), позволяющие оценить эффективность данного комплекса и роль исследуемых факторов [6].

Для оценки влияния загрузки отходов на эффективность работы КПО сопоставление проводилось по двум ключевым показателям:

1. отбор ВМР, т;
2. стоимость отобранных ВМР, руб.

Показатель «Стоимость отобранных ВМР» является ключевым для оценки эффективности работы КПО, так как для любой коммерческой организации главной задачей является получение прибыли. Данный показатель учитывает стоимость отбираемого ВМР и рассчитывается в соответствии с минимальной рыночной стоимостью отбираемого ВМР за определенный месяц.

Для корректной оценки показателя «Стоимость отобранных ВМР» и для снижения ошибки при анализе данных был использован показатель «Средневзвешенная цена ВМР» за 2023 г. (рис. 4, 5, 6). Расчет показателя «Стоимость отобранных ВМР, руб.» производился следующим образом: «Отбор ВМР, т» «Средневзвешенная цена ВМР, руб./т». Например, для КПО «А» стоимость отобранных ВМР в январе 2023 г. составила: $2\,853\text{ (т)} \cdot 12\,266\text{ (руб./т)} = 34,9\text{ млн руб.}$, а в мае – $2\,912\text{ (т)} \cdot 14\,937\text{ (руб./т)} = 43,5\text{ млн (рис. 4)}$.

В качестве одного из факторов технологического процесса сортировки отдельно для каждого КПО определялся фактор «Обеспеченность сотрудниками на линии сортировки», являющийся причиной приоритетного отбора определенных фракций и, как следствие, отбора ВМР в целом. Сравнение по данному показателю также проводилось с использованием диаграмм (рис. 7, 8, 9).

Результаты и обсуждение

1. Технологические факторы, влияющие на эффективность работы комплексов по переработке отходов (КПО)

В результате проведенного анализа данных за 2023 г. было выявлено, что на всех комплексах, независимо от проектной мощности, в летние месяцы фиксируется увеличение общей массы доставляемых на КПО отходов, в зимние месяцы – снижение; в течение всего года отмечается постоянная недогрузка отходов на линии сортировки по отношению к проектной мощности. На КПО «А» максимальное значение этого показателя находится на уровне 62 % в октябре 2023 г.; на КПО «Б» – на показателе 76 % в мае и ноябре 2023 г. при условии дополнительной загрузки отходов КГО, то есть отходов, непригодных к сортировке на линии сортировки, что меньше максимальных показателей для КПО «А» – 115 % (с учетом догрузки КГО); на КПО «В» – на показателе 64 % в декабре 2023 г. (табл. 2, 3, 4).

Таблица 2

Table 2

Данные об отходах, доставленных на КПО «А» за 2023 г., проектная мощность 900 000 т/год (75 000 т/месяц)

Data on waste delivered to WTC "A" in 2023, design capacity of 900,000 tons/year (75,000 tons/month)

Показатель	январь	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	36 355	28 236	39 190	45 926	55 947	56 001	71 720	79 911	70 890	72 227	52 287	36 276
ТКО+РСО, т	32 459	26 694	34 519	31 762	38 338	31 983	38 525	46 439	38 535	46 037	37 238	29 465
КГО, т	3 896	1 542	4 671	14 165	17 609	24 018	33 195	33 472	32 355	26 191	15 050	6 811
Загрузка, т	28 376	26 076	33 570	30 675	35 502	30 518	33 443	32 968	40 346	46 131	42 686	32 110
Загрузка от пригодного, %	87	98	97	97	93	95	87	71	105	100	115	109

Таблица 3

Table 3

Данные об отходах, доставленных на КПО «Б» за 2023 г., проектная мощность 450 000 т/год (37 500 т/месяц)

Data on waste delivered to WTC "B" in 2023, design capacity of 450,000 tons/year (37,500 tons/month)

Показатель	январь	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	33 044	28 660	32 177	40 779	57 829	42 301	40 422	41 762	33 932	30 556	32 631	33 583
ТКО+РСО, т	29 903	23 622	27 614	32 596	37 836	34 348	32 881	36 351	31 027	27 265	29 240	29 239
КГО, т	3 141	5 039	4 563	8 183	19 993	7 953	7 541	5 411	2 905	3 291	3 391	4 344
Загрузка, т	8 542	16 184	21 499	25 578	28 524	23 894	22 911	26 433	26 495	26 332	28 460	27 605
Загрузка от пригодного, %	29	69	78	78	75	70	70	73	85	97	97	94

Увеличение значений показателя «Загрузка от пригодного» на КПО «А» выше 100 % с сентября по декабрь также связано с дополнительной загрузкой на линию сортировки отходов, не пригодных к сортировке (КГО) ввиду недостаточного потока пригодных к сортировке отходов (ТКО+РСО).

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 4

Table 4

Данные об отходах, доставленных на КПО «В» за 2023 г., проектная мощность 1 050 000 т/год (87 500 т/месяц)

Data on waste delivered to WTC "B" in 2023, design capacity of 1050,000 tons/year (87,500 tons/month)

Показатель	янв.	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	75 979	67 538	72 247	97 049	96 800	68 487	53 814	67 780	84 239	88 228	82 147	74 222
ТКО+РСО, т	59 912	47 087	51 904	60 668	52 098	37 251	33 260	47 298	57 911	58 334	54 114	53 487
КГО, т	16 067	20 451	20 342	36 382	44 702	31 236	20 554	20 481	26 328	29 894	28 033	20 735
Загрузка, т	39 002	36 601	40 073	34 557	27 540	26 294	30 792	43 276	53 812	54 971	54 927	55 788
Загрузка от пригодного, %	65	78	77	57	53	71	93	91	93	94	102	104

Для наглядности динамики изменения показателя загрузки от соотношения видов отходов, загружаемых на линии сортировки (крупногабаритных отходов (КГО) и вторичного сырья, собранного при раздельном сборе отходов (РСО), были составлены графики (рис. 1, 2, 3).

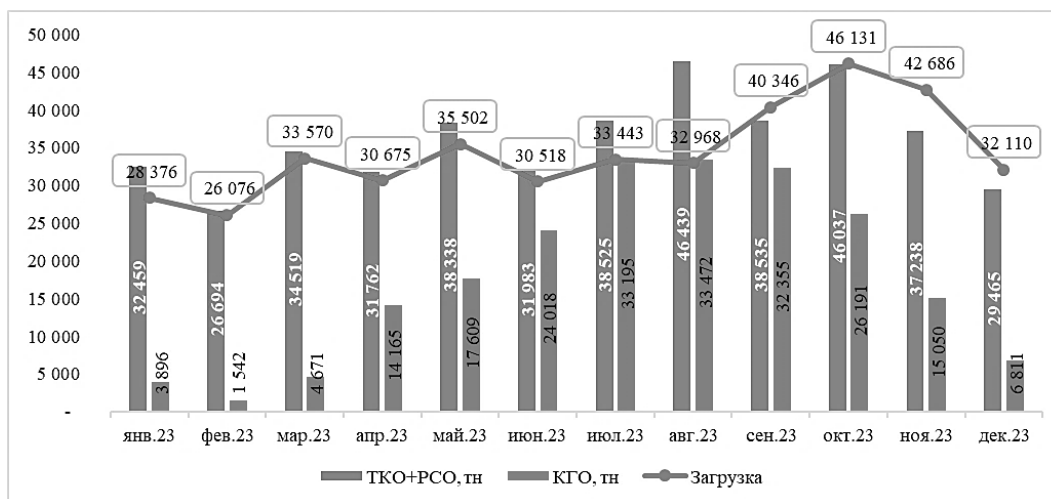


Рис. 1. Зависимость показателя загрузки отходов на линию сортировки от соотношения ТКО+РСО и КГО в потоке на КПО «А»

Fig. 1. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC "A"

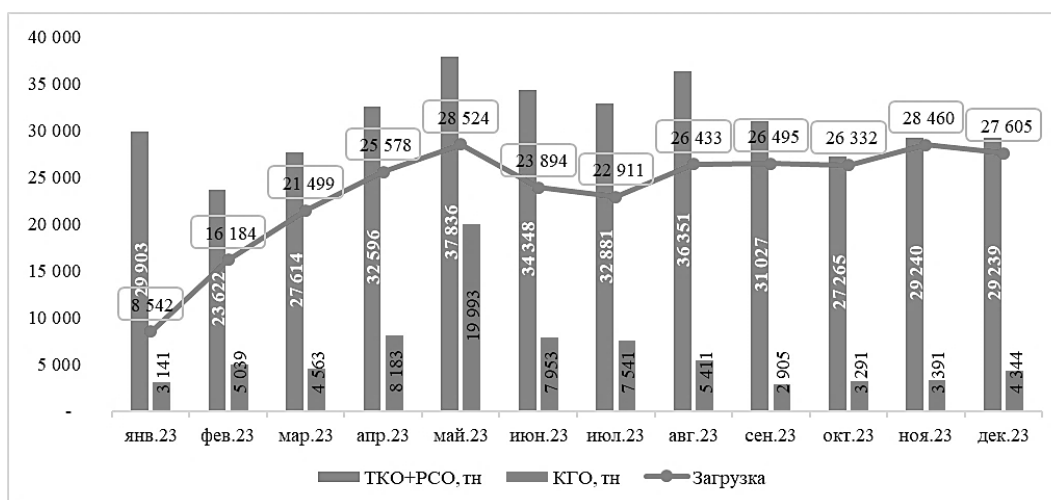


Рис. 2. Зависимость показателя загрузки отходов на линию сортировки от соотношения ТКО+РСО и КГО в потоке на КПО «Б»

Fig. 2. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC "B"

Экономическая, социальная и политическая география

Спирин М.И., Харламова М.Д.

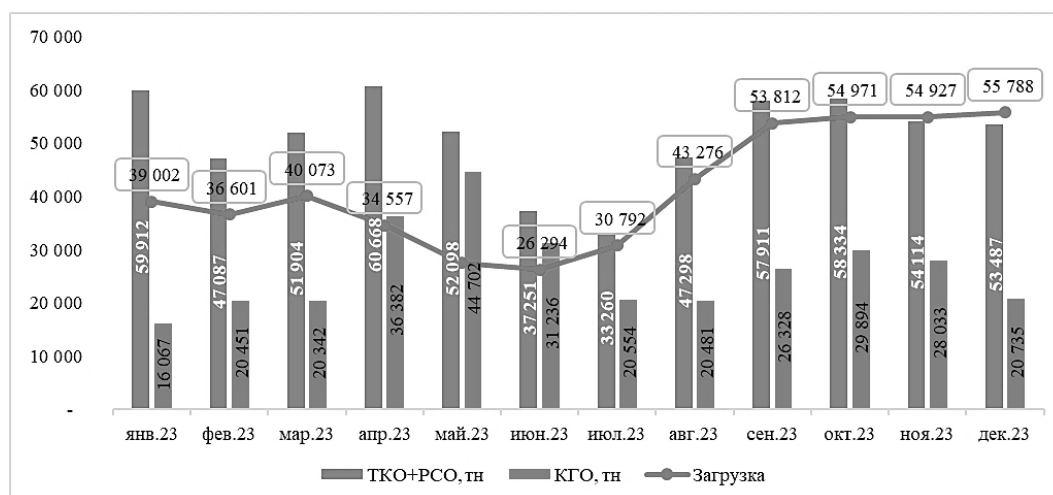


Рис. 3. Зависимость показателя загрузки отходов на линию сортировки от соотношения ТКО+PCO и КГО в потоке на КПО «В»

Fig. 3. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC "B"

Как видно из представленных графиков, показатель загрузки линий сортировки зависит от массы отходов, пригодных к сортировке (ТКО+PCO), но практически не зависит от соотношения между отходами пригодными и непригодными к сортировке. Это объясняется тем, что непригодные для сортировки отходы после измельчения поступают в цех компостирования (участок производства технического грунта) [7].

Однако, анализируя данные по загрузке на КПО «Б», можно сделать вывод, что показатель по «загрузке от пригодного к сортировке» не превышает 100 % в течение года, что свидетельствует о том, что на линии сортировки загружались только отходы, пригодные к сортировке.

На комплексе «В» превышение значений показателя «Загрузка от пригодного» выше 100 % фиксируется в ноябре и декабре 2023 г., что также связано с загрузкой на линию сортировки отходов, не пригодных к сортировке (КГО) ввиду дефицита пригодных к сортировке отходов (ТКО+PCO).

Итоговые данные, позволяющие оценить эффективность работы комплексов за 2023 г., были сведены в табл. 5.

Таблица 5

Table 5

Сводные данные по объемам и видам отходов и показатели эффективности на КПО «А, Б, В» в 2023 г.

Summary data on volumes and types of waste and performance indicators at WTC "A", "B", "B" in 2023

Доставлено отходов	КПО «А» Масса всего, т/год	КПО «Б» Масса всего, т/год	КПО «В» Масса всего, т/год
Общая масса	644 967	447 675	928 530
ТКО+PCO	431 993	371 922	613 325
КГО	212 974	75 753	315 205
Загрузка	412 401	282 456	497 634
Проектная мощность	900 000	450 000	1 050 000
Показатели эффективности, %			
Загрузка от доставленного	64	63	54
Загрузка от пригодного	95	76	81
Загрузка от проектной мощности	46	63	47
Доля ТКО+PCO в потоке	67	83	66
Доля КГО в потоке	33	17	34

Как видно из представленных таблиц, проектная мощность КПО «А» значительно превышает общий объем доставленных в 2023 г. отходов на 28,3 %, а отходов типа ТКО+PCO – на 52,0 %. На КПО «Б» общий объем доставляемых отходов (ТКО+PCO+КГО) близок к проектной мощности линии сортировки на КПО, однако если учесть, что отходы КГО принимаются как «непригодные для сортировки», то проектная мощность превышает объем «пригодных» к сортировке отходов на 17,3 %, что также свидетельствует о недозагруженности рассматриваемого КПО «Б». На КПО «В» проектная мощность превышает общий доставленный объем отходов на 11,6 %, а доставленный объем «пригодных» к сортировке отходов (ТКО+PCO) – на 41,5 %.

В целом следует отметить, что недозагруженность КПО негативно влияет на рентабельность и экономическую эффективность производства.

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

2. Экономические и социальные факторы, влияющие на эффективность работы КПО

Чтобы оценить экономические факторы, влияющие на эффективность работы комплексов, была проанализирована зависимость стоимости отобранных ВМР от объема загрузки и отбора ВМР на линии сортировки, а также от средневзвешенной цены фракций ВМР (табл. 6–8, рис. 4–6).

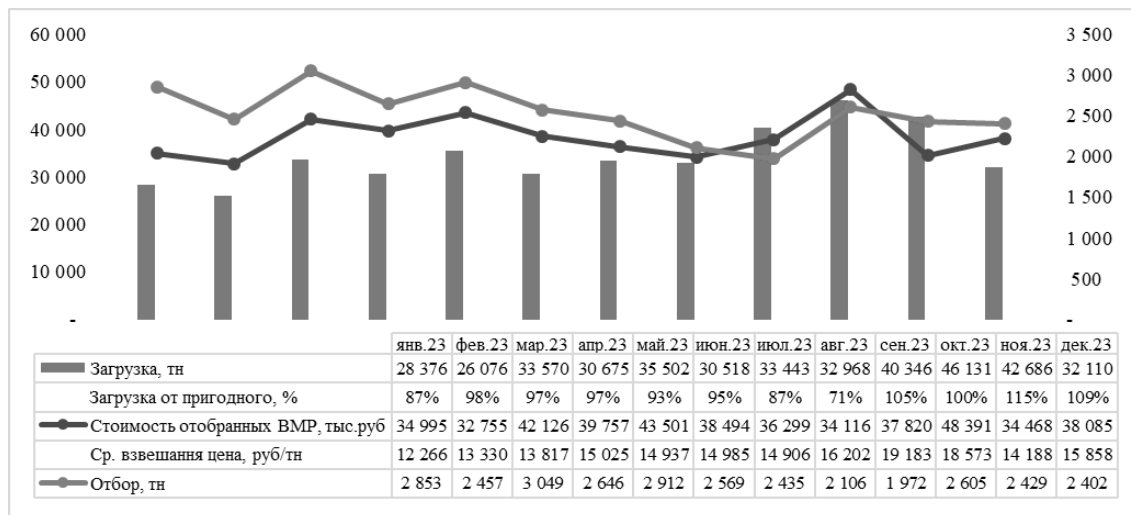


Рис. 4. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «А» в 2023 г.

Fig. 4. Economic indicators of sorting efficiency at WTC "A" in 2023

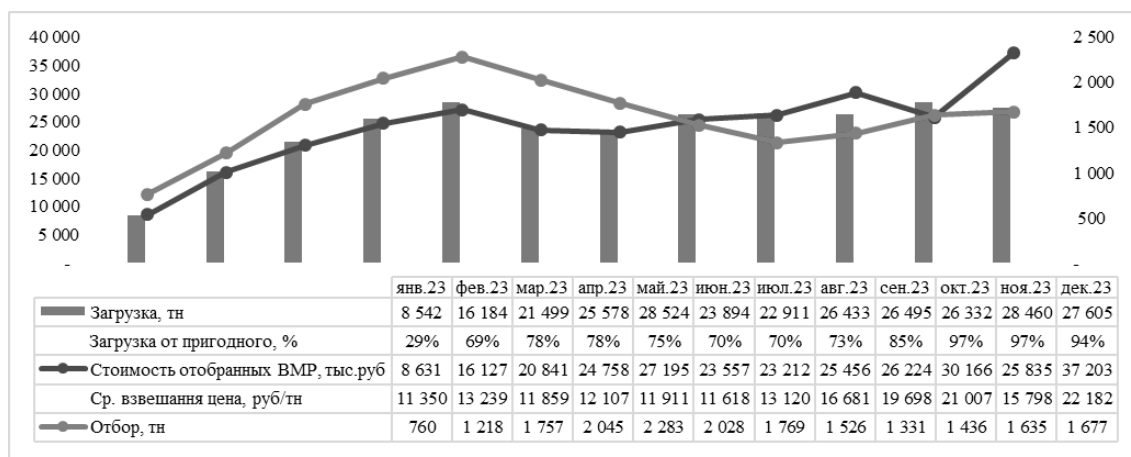


Рис. 5. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «Б» в 2023 г.

Fig. 5. Economic indicators of sorting efficiency at WTC "B" in 2023

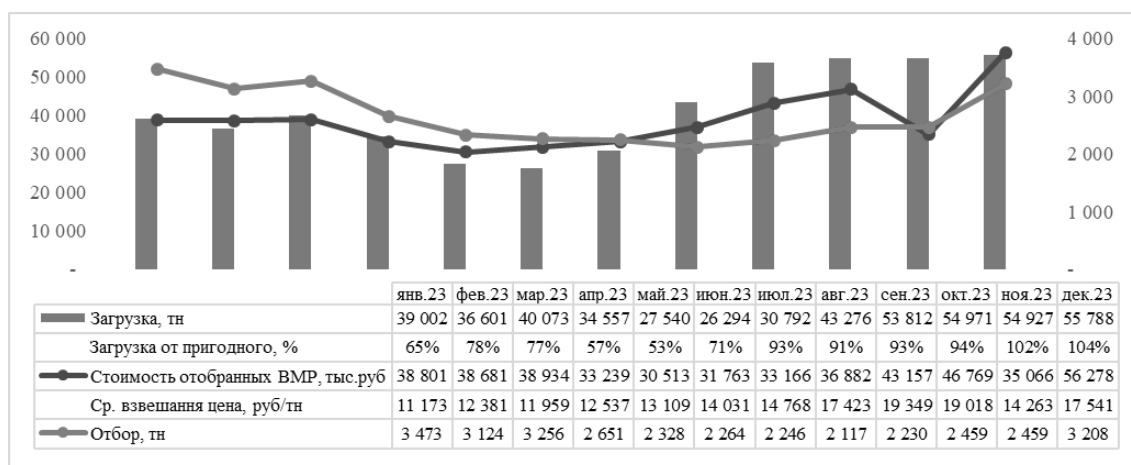


Рис. 6. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «В» в 2023 г.

Fig. 6. Economic indicators of sorting efficiency at WTC "B" in 2023

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Как видно из графиков и таблиц, на всех комплексах показатель «Стоимость отобранных ВМР», то есть полученная предприятием прибыль, несомненно, зависит от загрузки отходов на линии сортировки и отбора ВМР. Однако проведенный анализ не выявил однозначной прямой пропорциональной зависимости между этими показателями. Так, на КПО «А» максимальная стоимость отобранных ВМР выпадает на весну (март-май) и октябрь при том, что максимальная загрузка приходится на май и осенние месяцы (сентябрь-ноябрь). Но при этом максимальный отбор фиксируется также весной (март-май) и в октябре. При этом общая масса доставленных на КПО отходов влияет на стоимость отобранных ВМР, но не всегда прямо пропорциональна их количеству (табл. 2–4). Например, самым эффективным для КПО «А» является октябрь, когда при максимальной загрузке отходов было доставлено меньше, чем, например, в августе, а стоимость отобранных ВМР оказалась существенно больше (в 1,4 раза). На КПО «А» загрузка от проектной мощности составляет всего 46 %, а доля загрузки пригодных фракций ВМР – 67 % (табл. 5).

На КПО «Б» максимальная прибыль была получена от продажи отобранных ВМР в мае, октябре и декабре при оптимальной загрузке в мае и с августа по декабрь, максимально эффективный отбор ВМР при этом произведен с марта по июль. В мае был зафиксирован максимальный показатель отбора при практически идентичной загрузке в ноябре. Такое несоответствие объясняется тем, что качество загруженных отходов в мае выше, чем в ноябре. Это подтверждается также данными, представленными в табл. 3 и на рис. 2, где видно, что в мае на КПО поступило максимальное количество отходов, пригодных к сортировке «ТКО+РСО», в то время как в ноябре данный показатель снизился на 22,7 %. Следует также отметить, что данный комплекс обеспечивает максимальную загрузку от проектной мощности – 67 % – и имеет максимальную долю загрузки пригодных фракций в потоке – 83 % (табл. 5).

На КПО «В» максимальная прибыль от реализации отобранных ВМР была получена в сентябре, октябре и декабре, наибольшая загрузка была произведена с августа по декабрь, а наиболее эффективный отбор – с января по апрель и в декабре. Как и в случае с КПО «А» и «Б», загрузка отходов на линию сортировки напрямую зависит от количества отходов, пригодных к сортировке (ТКО+РСО). Причем важно отметить, что соотношение между пригодными и непригодными отходами не оказывает влияния на загрузку, так как непригодные для сортировки отходы поступают в цех компостирования (участок производства технического грунта). В целом же загрузка от проектной мощности на комплексе низкая и составляет 47 % при достаточно высокой доле пригодных фракций в потоке – 66 % (табл. 5).

Отсутствие прямой зависимости в показателях можно объяснить наличием еще одного важного фактора – изменения средневзвешенной цены фракций ВМР. Так, снижение общего отбора ВМР на КПО «А» с августа по декабрь 2023 г. при относительном увеличении объема загрузки связано с определением приоритетности отбираемых фракций, что означает выбор более экономически выгодных фракций из общего потока отходов. На КПО «Б» и КПО «В» также с августа фиксируется рост отбора тех фракций, для которых средневзвешенная годовая цена выше (находится в зеленых значениях), и снижение отбора ВМР (вплоть до отказа сортировки) тех фракций, для которых средневзвешенная годовая цена ниже.

Для детального рассмотрения данного факта были составлены таблицы, отражающие номенклатуру и отбор по отдельным сортируемым фракциям ВМР в сравнении со средневзвешенной ценой фракции для трех комплексов (табл. 6–10).

Следует отметить, что рыночная цена на фракции ВМР зависит от текущей ситуации, то есть: от сезона, спроса (дефицит/профицит данного товара на рынке), курса валют (если сырье экспортируется/импортируется), запуска/остановки профильных производств и некоторых других объективных причин.

Таким образом, прибыль, которую может получать КПО, зависит не только от сезонной загрузки и величины отбора ВМР, но и от спроса на ВМР. Как видно из представленных таблиц, на всех КПО наиболее устойчивым спросом, который характеризуется максимальным отбором, пользуются все фракции ПЭТФ, других полимеров (кроме ПНД канистры) и металлов. На КПО «А» максимальный отбор фракций ПЭТФ приходится на весну, на КПО «Б» и КПО «В» – на осень и начало зимы (сентябрь-декабрь).

Максимальный отбор металлов на всех КПО приходится на октябрь-декабрь, а отбор других полимеров (кроме ПЭТФ) увеличивается дважды в год на КПО «А» и КПО «Б» весной и осенью, а на КПО «В» – только весной. Бумага и макулатура наиболее востребованы в летние месяцы на всех КПО, а осенью и зимой отбор этих фракций резко падает (красная зона).

Также можно отметить, что на всех КПО у фракций ПЭТФ, полимеров и металлов фиксируется максимальная средневзвешенная годовая цена (находится в зеленых значениях). Для остальных фракций средневзвешенная цена колеблется или находится в красной зоне, что приводит к снижению отбора ВМР (вплоть до отказа от сортировки).

Таким образом, можно сделать вывод, что именно средневзвешенная цена, главным образом, определяет приоритетность отбираемых фракций.

Снижение объемов отбора ВМР, связанное с приоритетным отбором, может зависеть от ограниченного числа сотрудников на линиях сортировки в определенные сезоны. Для подтверждения данного тезиса были сопоставлены данные о среднем количестве сотрудников на линиях сортировки с данными отбора ВМР. Результаты представлены в виде графиков на рис. 7–9.

Экономическая, социальная и политическая география

Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 6

Table 6

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМП (т) на КПО «А» и их средневзвешенная цена, руб./т
 Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC "A" and their weighted average price, RUB/tons

Фракция	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. взвеш. цена
ПЭТф прозрачный, голубой	255	244	305	279	312	274	253	225	267	333	329	272	55 000
ПЭТф коричневый	42	41	48	50	67	67	61	56	43	49	42	33	45 000
ПЭТф зеленый	45	41	50	47	53	47	43	40	38	46	41	33	45 000
ПЭТф молочный матовый	33	37	41	37	37	31	25	20	11	29	39	34	7 871
ПЭТф масло	16	22	27	20	17	14	13	11	4	6	-	-	10 000
ПЭТф бытовая химия	34	23	28	28	27	21	19	15	6	12	21	17	8 211
ПЭТф прочее	10	7	8	4	4	3	2	11	71	49			10 000
ПЭТф микс										7	25	28	11 089
ПНД канистра	23	23	32	33	33	29	26	22	35	49	43	32	46 851
ПНД бытовая химия	58	57	68	64	65	56	52	43	47	66	62	50	33 911
Пленка ПВД прозрачная	88	82	129	122	130	102	102	91	93	142	140	132	20 798
Пленка ПВД микс	140	134	196	185	207	162	158	167	168	249	219	204	8 580
Полипропилен микс	33	45	63	89	94	87	65	46	40	20	37	28	3 491
Полипропиленовый ящик	4	3	5	5	6	13	11	9	3	3	4	2	4 409
Бумага газетно-журнальная	92	88	108	103	117	113	95	70	47	47	48	47	5 903
Макулатура (картон) 2 сорт	437	415	532	420	458	415	428	257	42	221	211	438	1 317
Тетрапак	92	90	108	88	87	69	61	56	52	72	85	89	4 635
Стеклобой микс	761	494	565	410	493	457	439	414	558	805	491	416	1 800
Стеклобой светлый	384	315	374	317	341	314	304	298	166		209	228	1 800
А30 Банка алюминиевая	53	56	74	65	64	56	54	59	61	72	66	62	94 009
Алюминиевая туба	3	3	5	4	4	3	3	4	5	6	6	6	51 857
Цветной металл	4	2	5	4	3	4	5	6	6	8	9	7	75 007
Электронный лом	29	26	31	33	36	31	28	25	28	44	46	39	20 602
Черный металл	69	86	102	126	137	104	99	91	87	131	120	90	11 976
Черный металл (луженая жесь)	133	106	127	97	102	81	70	53	77	121	118	103	3 698
Черный металл (жестяная туба)	14	16	19	18	20	18	19	18	17	17	19	15	2 103

Таблица 7

Table 7

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМП (т) на КПО «Б» и их средневзвешенная цена, руб./т
 Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC "B" and their weighted average price, RUB/tons

Фракции	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. взвеш. цена
ПЭТф прозрачный, голубой	55	124	155	168	183	151	151	171	163	202	256	310	55 000
ПЭТф коричневый	9	22	27	32	42	41	42	44	33	32	32	34	45 000
ПЭТф зеленый	10	21	25	29	30	26	26	29	29	32	37	41	45 000
ПЭТф молочный матовый	6	17	19	17	19	15	16	17	17	21	27	34	7 783
ПЭТф масло	2	11	14	10	9	7	6	8	9	7			10 000
ПЭТф бытовая химия	3	6	10	9	9	8	7	8	9	10	14	14	8 742
ПЭТф прочее	5	13	16	15	14	12	12	14	14	11			10 000
ПЭТф микс										5	25	27	10 565
ПНД канистра	7	19	23	36	39	31	28	27	30	34	36	34	46 636
ПНД бытовая химия	9	22	24	27	26	24	21	22	24	27	33	34	
Пленка ПВД прозрачная	7	5	12	24	28	25	36	71	99	109	106	88	20 808
Пленка ПВД микс	43	60	161	232	218	199	162	121	89	106	151	114	8 680
Полипропилен микс	12	14	47	55	38	20	22	23	16	5	18	10	3 486
Полипропиленовый ящик	1	4	5	7	12	19	16	12	9	4	4	3	4 291
Бумага газетно-журнальная	29	64	68	91	114	108	89	74	33				5 827
Макулатура (картон) 2 сорт	137	163	371	394	455	418	364	140	34	49	23	-	1 517
Тетрапак	20	44	38	36	35	29	25	25	18	18	22	17	4 576
Стеклобой микс	192	258	280	300	391	335	298	299	270	303	373	438	1 903
Стеклобой светлый	82	134	167	169	208	157	145	148	155	133	132	145	1 990
Стеклобой коричневый	16	9	38	19									1 218
А30 Банка алюминиевая	11	25	35	39	40	35	38	42	44	51	53	59	96 886
Алюминиевая туба	1	2	3	3	4	3	3	3	3	4	4	5	51 878
Цветной металл	3	4	5	8	11	9	8	7	8	9	10	10	74 918
Электронный лом	5	9	12	21	26	23	21	21	25	29	30	29	20 765
Черный металл							18	26	69	85	89	68	13 578
Черный металл микс	94	166	199	301	333	333	216	174	51	47	49	51	2 168
Черный металл (луженая жесь)									80	103	110	114	3 920

Экономическая, социальная и политическая география

Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 8

Table 8

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМР (т) на КПО «В» и их средневзвешенная цена, руб./т
 Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC "B" and their weighted average price, RUB/tons

Фракции	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Ср. взвеш. цена
ПЭТФ прозрачный, голубой	278	311	300	253	227	234	236	276	352	392	450	550	55 000
ПЭТФ коричневый	35	40	39	36	39	45	51	55	50	47	45	50	45 000
ПЭТФ зеленый	48	51	49	42	38	37	40	44	54	58	60	67	45 000
ПЭТФ молочный матовый	22	30	27	21	19	18	20	23	26	36	40	46	7 797
ПЭТФ масло	20	26	24	14	10	10	12	15	17	15			10 000
ПЭТФ бытовая химия	23	31	25	16	15	15	16	20	26	36	34	38	8 753
ПЭТФ прочее			5	11	9	8	7	8	9	8			10 000
ПЭТФ микс	2	1	2	2	2	2	1	2	2	6	12	14	16 613
ПНД канистра	29	29	33	29	25	25	22	26	33	34	37	38	46 393
ПНД бытовая химия	49	54	56	48	44	43	47	56	63	76	75	82	34 638
Пленка ПВД прозрачная	117	106	119	95	74	65	72	87	100	86	61	51	21 021
Пленка ПВД микс	159	165	213	237	235	231	290	192	85	119	121	194	8 433
Полипропилен микс	63	75	57	65	72	65	54	14	1	0	2	39	3 470
Полипропиленовый ящик	2	3	4	4	5	9	5	4	2	1	1	0	4 724
Бумага газетно-журнальная	39	23	29	40	55	48	20	1	0	1	1	0	5 912
Макулатура (картон) 2 сорт	491	443	472	381	361	384	360	267	292	422	365	630	1 222
Тетрапак	51	40	39	32	27	22	12	10	15	16	23	25	4 793
Стеклобой микс	872	677	731	474	427	430	503	559	651	668	728	946	1 800
Стеклобой светлый	693	598	575	471	328	291	217	166	131	101	36	56	1 800
АЗО Банка алюминиевая	64	54	55	46	42	41	45	51	58	59	61	61	94 095
Алюминиевая туба	5	5	4	4	4	3	4	5	6	6	6	5	51 810
Цветной металл	13	12	10	9	11	9	10	12	13	13	14	11	74 207
Электронный лом	12	11	12	12	12	11	15	13	12	15	16	19	20 638
Черный металл						94	66	84	92	93	90	91	13 186
Черный металл микс	385	333	363	310	250	42	0						3 770
Черный металл (луженая жесь)						83	120	127	141	152	182	194	3 523

Таблица 9

Table 9

Динамика изменения цен на отбираемые фракции ВМР в 2023 г., руб./т
 Dynamics of price changes for selected fractions of secondary material resources (SMR) in 2023, RUB/ton

Цена, руб/т	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ПЭТФ прозрачный, голубой	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000
ПЭТФ коричневый	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
ПЭТФ зеленый	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
ПЭТФ молочный матовый	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	6 560
ПЭТФ масло	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	-	-
ПЭТФ бытовая химия	7 000	8 000	8 000	9 000	7 000	7 000	7 000	8 000	9 000	10 000	11 000	10 000
ПЭТФ прочее	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	-	-
ПНД канистра	45 000	39 000	40 000	43 000	44 000	45 000	47 000	48 000	52 000	53 000	53 000	45 000
ПНД бытовая химия	43 000	30 000	28 000	30 000	28 000	30 000	33 000	35 000	38 000	39 000	39 000	36 000
Пленка ПВД прозрачная	18 000	20 000	20 000	22 000	22 500	23 000	23 500	23 500	24 000	21 000	18 000	16 000
Пленка ПВД микс	5 500	6 000	6 000	8 000	9 000	9 500	9 500	9 500	10 000	9 500	9 500	9 500
Полипропилен микс	3 400	3 400	3 400	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 600	3 600	3 600
Полипропиленовый ящик	8 000	4 500	4 500	7 000	7 500	3 000	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Бумага газетно-журнальная	5 800	5 800	6 000	6 000	6 000	6 000	5 500	5 500	5 500	6 000	6 500	6 500
Макулатура (картон) 2 сорт	1 500	1 500	2 000	2 000	1 700	1 500	800	500	800	1 500	1 000	1
Тетрапак	6 000	5 500	5 000	4 500	3 500	3 500	4 000	4 000	5 000	5 000	5 000	4 000
Стеклобой микс	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Стеклобой светлый	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
АЗО Банка алюминиевая	74 100	82 000	82 000	85 000	88 000	90 000	95 000	100 000	103 000	105 000	110 000	110 000
Алюминиевая туба	50 000	50 000	50 000	50 000	51 000	51 000	52 000	52 000	52 000	53 000	53 500	55 000
Цветной металл	70 000	70 000	70 000	70 000	75 000	75 000	75 000	75 500	75 500	77 000	77 500	79 000
Электронный лом	20 000	19 000	19 000	20 000	20 000	20 000	21 000	21 000	21 000	21 500	21 500	22 000
Черный металл	8 000	8 000	11 000	11 500	11 500	12 000	12 000	13 000	13 500	13 500	13 500	14 500
Черный металл (луженая жесь)	6 800	4 000	4 000	2 000	2 000	2 500	2 500	3 000	3 500	3 500	3 500	5 000
Черный металл (жестяная туба)	3 800	3 000	3 000	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	2 000	2 000	2 000	2 500

* Цена на все виды ПЭТФ (пр, кор., зел, масло) среднерыночная, установлена долгосрочным контрактом

* The price for all PET types (tr, brown., green, oil) is mid-market, established by long-term contract

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 10

Table 10

Стоимость отобранных ВМР в 2023 г. с учетом отбора ВМР и средневзвешенной цены за фракцию, млн руб.
Cost of selected secondary material resources (SMR) in 2023 taking into account SMR recovery and weighted average price per fraction, million RUB

Отбор ВМР, млн. руб	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
ПЭТф прозрачный, голубой	32,37	37,37	41,81	38,48	39,63	36,20	35,21	36,95	42,99	50,94	56,92	62,22
ПЭТф коричневый	3,87	4,63	5,17	5,31	6,64	6,87	6,93	6,93	5,71	5,77	5,38	5,25
ПЭТф зеленый	4,63	5,09	5,63	5,28	5,42	4,98	4,93	5,09	5,41	6,10	6,18	6,36
ПЭТф молочный матовый	0,49	0,67	0,69	0,60	0,59	0,51	0,49	0,48	0,44	0,69	0,85	0,74
ПЭТф масло	0,38	0,59	0,65	0,44	0,36	0,30	0,31	0,34	0,29	0,28	-	-
ПЭТф бытовая химия	0,43	0,48	0,51	0,47	0,35	0,30	0,30	0,35	0,37	0,58	0,75	0,68
ПЭТф прочее	0,15	0,21	0,30	0,29	0,27	0,23	0,22	0,33	0,94	0,68	-	-
ПЭТф микс	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,06	0,47	0,62	0,56
ПНД канистра	2,66	2,81	3,54	4,20	4,23	3,81	3,54	3,57	5,10	6,23	6,18	4,70
ПНД бытовая химия	5,02	3,98	4,13	4,15	3,79	3,67	3,94	4,25	5,09	6,57	6,63	5,97
Пленка ПВД прозрачная	3,82	3,88	5,20	5,31	5,22	4,42	4,92	5,87	7,00	7,08	5,53	4,32
Пленка ПВД микс	1,88	2,15	3,43	5,24	5,94	5,62	5,80	4,55	3,42	4,51	4,67	4,87
Полипропилен микс	0,37	0,46	0,57	0,73	0,72	0,60	0,49	0,29	0,20	0,09	0,21	0,28
Полипропиленовый ящик	0,06	0,04	0,06	0,11	0,17	0,12	0,11	0,08	0,05	0,03	0,03	0,02
Бумага газетно-журнальная	0,93	1,02	1,23	1,41	1,71	1,62	1,12	0,80	0,44	0,29	0,31	0,31
Макулатура (картон) 2 сорт	1,60	1,53	2,75	2,39	2,17	1,83	0,92	0,33	0,29	1,04	0,60	0,00
Тетрапак	0,98	0,96	0,92	0,70	0,52	0,42	0,39	0,36	0,43	0,53	0,65	0,52
Стеклобой микс	3,67	2,57	2,84	2,13	2,36	2,20	2,23	2,29	2,66	3,20	2,87	3,24
Стеклобой светлый	2,42	1,88	2,01	1,72	1,58	1,37	1,20	1,10	0,81	0,42	0,68	0,77
АЗО Банка алюминиевая	9,45	11,11	13,43	12,75	12,89	11,92	12,98	15,28	16,85	19,10	19,88	19,92
Алюминиевая туба	0,47	0,52	0,62	0,59	0,57	0,52	0,52	0,64	0,74	0,84	0,86	0,85
Цветной металл	1,38	1,30	1,42	1,45	1,85	1,60	1,71	1,84	2,02	2,39	2,47	2,24
Электронный лом	0,91	0,88	1,04	1,33	1,49	1,28	1,34	1,24	1,37	1,90	1,99	1,92
Черный металл	0,55	0,69	1,12	1,44	1,58	2,37	2,20	2,62	3,34	4,17	4,05	3,61
Черный металл микс	2,87	2,25	2,23	0,92	0,87	0,56	0,32	0,26	0,10	0,09	0,10	0,13
Черный металл (луженая жесь)	0,91	0,42	0,51	0,19	0,20	0,41	0,48	0,54	1,04	1,32	1,43	2,05
Черный металл (жестяная туба)	0,05	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Итого	82,43	87,56	101,90	97,76	101,21	93,81	92,68	96,45	107,20	125,33	95,37	131,57

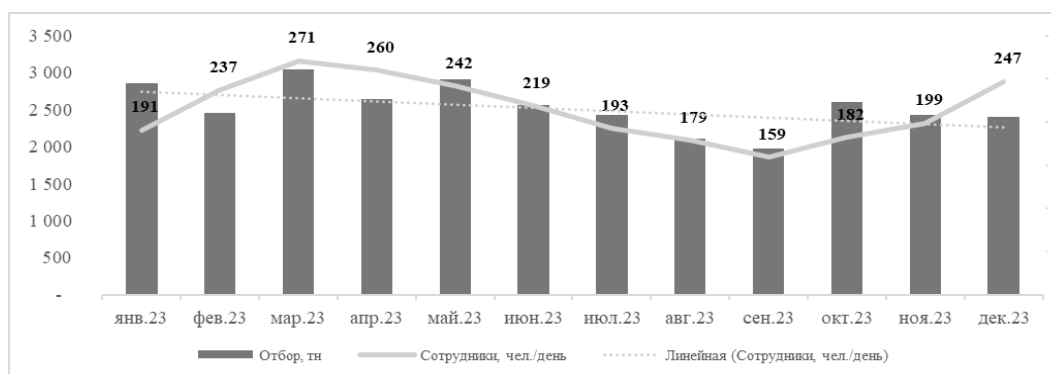


Рис. 7. Соотношение отбора ВМР и количества сотрудников на линии сортировки на КПО «А»
Fig. 7. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC "A"

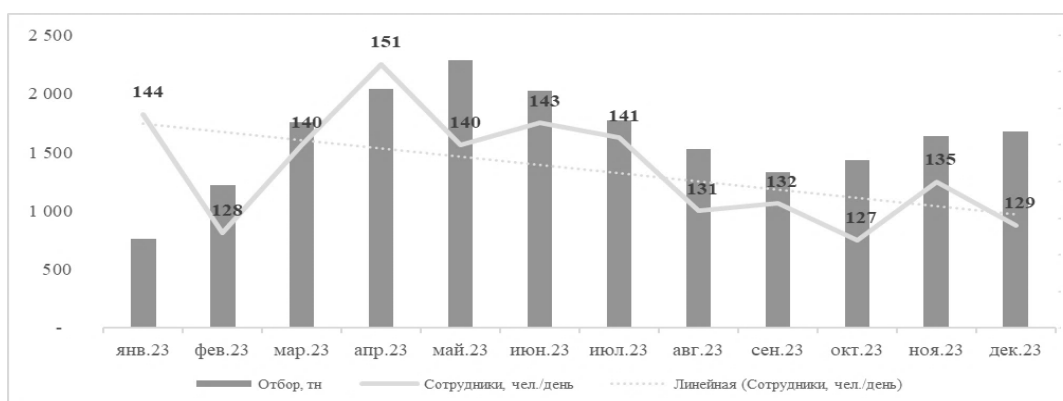


Рис. 8. Соотношение отбора ВМР и количества сотрудников на линии сортировки КПО «Б»

Fig. 8. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC "B"

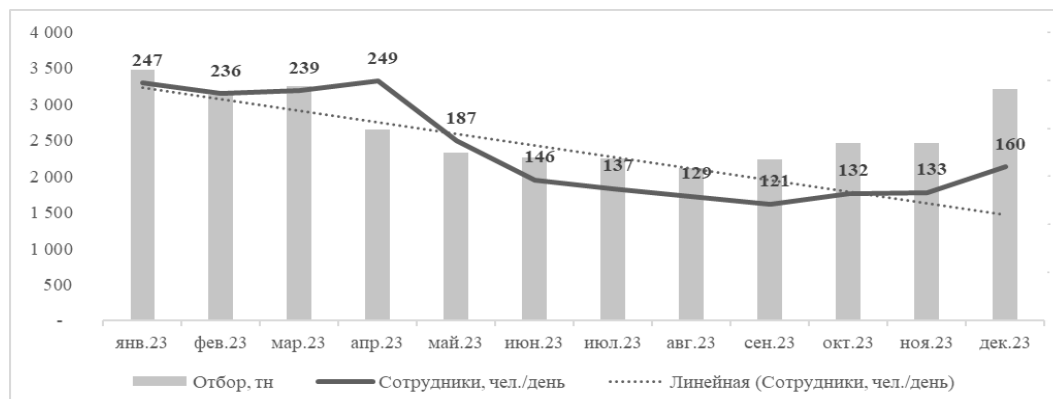


Рис. 9 Соотношение отбора ВМР и количества сотрудников на линии сортировки на КПО «В»

Fig. 9. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC "B"

Как видно из представленных рисунков, зависимость между отбором ВМР и обеспеченностью сотрудниками на линиях сортировки является прямой. На всех КПО фиксируется нисходящий тренд в количестве сотрудников, работающих на линии сортировки с апреля по сентябрь, и восходящий с января по март и с сентября по декабрь, что приводит к необходимости приоритетного отбора определенных фракций с целью увеличения экономической целесообразности сортировки. Именно на эти периоды приходится уменьшение отбора фракций ВМР.

Новизна описанных выше подходов заключается в том, что они позволяют производить многофакторную оценку работы комплексов по переработке отходов (КПО), используя, сопоставляя и анализируя как абсолютные, так и относительные показатели. Использование данных подходов дает возможность выявить зависимости доставляемого объема отходов и их морфологии, объема загружаемых отходов на линии сортировки, объема отбираемых полезных фракций и их состава, стоимости и обеспеченностью сотрудниками на линиях сортировки, а также сделать выводы о влиянии данных факторов друг на друга. В перспективе использование описанных выше подходов позволит комплексам по переработке отходов (КПО), расположенным в различных регионах, выстраивать эффективную работу предприятий.

Заключение

На основании анализа приведенных выше фактических данных о количестве и морфологии поступающих на комплексы по переработке отходов (КПО) потоков отходов, о загрузке отходов на линии сортировки и проектных мощностях КПО можно сделать следующие выводы:

1. На всех рассмотренных КПО доставка отходов на КПО зависит от сезона.
2. Объем загружаемых отходов на линии сортировки имеет прямую зависимость от массы отходов, пригодных к сортировке (ТКО+РСО), но практически не зависит от соотношения между отходами, пригодными и непригодными к сортировке.

3. На всех рассматриваемых КПО отмечается недостаток отходов для полной загрузки линий сортировки в соответствии с проектными мощностями как для отходов ТКО и РСО, так и для совместной загрузки с отходами КГО.

При анализе данных об объемах отбора вторичных материальных ресурсов (ВМР) как в тоннах, так и в рублевом эквиваленте, а также при их сопоставлении с факторами, перечисленными выше, были выявлены следующие зависимости:

1. Увеличение объема загружаемых отходов приводит к росту отбираемых ВМР как в тоннах, так и в рублевом эквиваленте.

2. Загрузка на линию сортировки отходов типа «КГО» снижает рост отбираемых ВМР, но не оказывает негативного воздействия на суммарный отбор ВМР.

3. Приоритетный отбор ВМР в пользу «дорогих» фракций снижает общий объем отбираемых ВМР в тоннах, но ведет к росту отбираемых ВМР в рублевом эквиваленте.

4. Снижение количества сотрудников, находящихся на линиях сортировки, прямо пропорционально объему отбираемых ВМР.

Необходимо учитывать, что перечисленные выше факторы оказывают влияние на отбор совместно и могут рассматриваться при проектировании и планировании работы комплексов по переработке отходов (КПО) только в совокупности.

Библиографический список

1. Жиликова В.В. Проблематика введения мусорной реформы на территории Российской Федерации // Образование и право. 2019. № 4. С. 14–16. EDN: XNXXWR
2. Правительство Московской области. Постановление № 1240-ПП от 15.12.2023 «О внесении изменений в территориальную схему обращения с отходами Московской области». Красногорск, 2023.
3. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Москва, Кремль, 2020.

Экономическая, социальная и политическая география

Спирин М.И., Харламова М.Д.

4. Управление Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ) по г. Москве и Московской области. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (дата доступа: 05.07.2024)
5. Управление Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ) по г. Москве и Московской области. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата доступа: 05.07.2024)
6. Derevyanov M.Yu., Pleshivtseva Yu.E., Afinogentov A.A., Kirpichenkov S.A., Mandra A.G., Pimenov A.A. Application of data envelopment analysis for multi-criteria evaluation of system for technogenic waste recycling in oil refining industry // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1089. DOI: 10.1088/1757-899X/1089/1/012023 EDN: PFYHEX
7. Magnanelli E., Tranås O.L., Carlsson P., Mosby J., Becidan M. Dynamic Modeling of Municipal Solid Waste Incineration // Energy. 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118426 EDN: EIYMH
8. United States Environmental Protection Agency (EPA). Municipal solid waste generation, composition, and trends in the United States: Facts and figures for 2005. EPA530-R-07-002, 2007.
9. Vukovic N., Makogon E. Waste-to-Energy Generation: Complex Efficiency Analysis of Modern Technologies // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 13814. DOI: 10.3390/su142113814 EDN: TSOLIZ

References

1. Zhilyakova V.V. Issues of Implementing Waste Reform in the Russian Federation // Education and Law. 2019. No. 4. Pp. 14–16.
2. Government of the Moscow Region. Decree No. 1240-PP of December 15, 2023 “On Amendments to the Territorial Waste Management Scheme of the Moscow Region”. Krasnogorsk, 2023.
3. Decree of the President of the Russian Federation No. 474 of July 21, 2020 “On National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030”. Moscow, Kremlin, 2020.
4. Federal State Statistics Service (ROSSTAT) for Moscow and the Moscow Region. Electronic Resource: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634>. Accessed: 05.07.2024.
5. Federal State Statistics Service (ROSSTAT) for Moscow and the Moscow Region. Electronic Resource: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>. Accessed: 05.07.2024.
6. Derevyanov M.Yu., Pleshivtseva Yu.E., Afinogentov A.A., Kirpichenkov S.A., Mandra A.G., Pimenov A.A. Application of data envelopment analysis for multi-criteria evaluation of system for technogenic waste recycling in oil refining industry // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1089. doi:10.1088/1757-899X/1089/1/012023
7. Magnanelli, E., Tranås, O.L., Carlsson, P., Mosby, J., Becidan, M. Dynamic Modeling of Municipal Solid Waste Incineration // Energy. 2020.
8. United States Environmental Protection Agency (EPA). Municipal solid waste generation, composition, and trends in the United States: Facts and figures for 2005. EPA530-R-07-002, 2007.
9. Vukovic, N., Makogon, E. Waste-to-Energy Generation: Complex Efficiency Analysis of Modern Technologies // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 13814. <https://doi.org/10.3390/su142113814>

Статья поступила в редакцию: 08.08.24, одобрена после рецензирования: 10.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 8 August 2024; approved after review: 10 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Михаил Игоревич Спирин

аспирант департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы;

115093, Россия, г. Москва, Подольское ш., 8 стр. 5

e-mail: 1142220082@pfur.ru

Марианна Дмитриевна Харламова

кандидат химических наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы;

115093, Россия, г. Москва, Подольское ш., 8 стр.5

e-mail: kharlamova-md@rudn.ru

Information about the authors

Mikhail I. Spirin

Postgraduate Student, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Ecology, RUDN University; 8, bld. 5, Podolskoye shosse, Moscow, 115093, Russia

Marianna D. Kharlamova

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Ecology, RUDN University;

8, bld. 5, Podolskoye shosse, Moscow, 115093, Russia

Вклад авторов

Спирин М.И. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста. Харламова М.Д. – сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

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

Contribution of the authors

Mikhail I. Spirin – the idea; data collection and processing; writing of the article; scientific editing of the text. Marianna D. Kharlamova – data collection and processing; writing of the article; scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 911.37+332:156
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-57-66
EDN: ECJHEN



ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВА КАЗАНСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Михаил Валентинович Панасюк¹, Валерия Валерьевна Шаймарданова²

^{1,2} Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

¹ mp3719@yandex.ru, Scopus Author ID: 55984522900

² valeriyashaim@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию особенностей функциональной организации пространства Казанской городской агломерации, которая является формирующейся и входит в число крупнейших в России. Предлагается понятие функционального каркаса моноцентрической городской агломерации, являющегося особой пространственной структурой, формой организации пространства агломерации. Оно расширяет понятие планировочного каркаса города-центра агломерации как в плане географического содержания, так и для уровня пространства городской агломерации.

Выявление функционального каркаса городской агломерации основано на точной локализации функций агломерации, их концентрации в пределах территорий центров и ядер, а также локализации транспортной и коммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей функциональное взаимодействие центров. Для этого использовались эмпирические данные, сведенные и обобщенные в базах пространственных данных ГИС. Рассмотрены авторские методики выявления функционального каркаса, которые объединяют алгоритмы, сочетающие методы геоинформационного и пространственного анализа территории.

В статье приводится развернутая характеристика функционального каркаса Казанской агломерации и главных направлений его развития, которые получены в результате решения задач функциональной дифференциации территории Казанской агломерации. Для этого был определен состав основных функций агломерации, включая селитебную, общественно-деловую, хозяйственно-производственную, зеленую, сельскохозяйственную, рекреационную, обслуживающую, транспортную и др. Их пространственная привязка, т.е. соотнесение мест (участков) и их функций, осуществлялась в рамках использования такого способа организации пространственных данных, как GRID – упорядоченного множества территориально сопряженных ячеек с равными размерами менее одного км². Анализ концентрации функций в ячейках позволил выделить и точно локализовать центры и ядра функционального каркаса Казанской агломерации, а также транспортные коммуникации, обеспечивающие взаимодействие центров и ядер.

Исследование функционального каркаса Казанской моноцентрической агломерации позволяет уточнить направления ее пространственного развития с учетом анализа главных особенностей функциональной организации пространства, что повышает обоснованность и точность планировочных решений не только для города – центра, но и для всего пространства городской агломерации.

Ключевые слова: городская агломерация, пространство городской агломерации, функциональная организация пространства, каркас агломерации, Казанская агломерация

Для цитирования: Панасюк М.В., Шаймарданова В.В. Особенности функциональной организации пространства Казанской городской агломерации // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 57–66. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-57-66. EDN: ECJHEN

Original article
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-57-66
EDN: ECJHEN

FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE KAZAN URBAN AGGLOMERATION SPACE

Mikhail V. Panasyuk¹, Valeriya V. Shaimardanova²

^{1,2} Kazan Federal University, Kazan, Russia

¹ mp3719@yandex.ru, Scopus Author ID: 55984522900

² valeriyashaim@mail.ru



© 2025 Эта работа Панасюка М.В., Шаймардановой В.В. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. The study deals with the functional organization of space of the Kazan urban agglomeration, which is a developing agglomeration, one of the largest in Russia. The paper proposes the concept of the functional framework of a monocentric urban agglomeration – a special spatial structure, a form of the organization of an agglomeration space. It expands the concept of the planning framework of a city being an agglomeration center, both in terms of geographical content and the level of urban agglomeration space.

The identification of the functional framework of an urban agglomeration is based on the precise localization of functions of the agglomeration, their concentration within the territories of the centers and cores, as well as the localization of transport and communication infrastructure that ensures the functional interaction of the centers. For this purpose, the authors used empirical data compiled and summarized in GIS spatial databases. The paper presents the authors' methods of identifying the functional framework, which include algorithms combining the methods of geoinformation and spatial analysis of territories.

The article provides a detailed characterization of the functional framework of the Kazan agglomeration and the main directions of its development identified through solving the problems of functional differentiation of the Kazan agglomeration territory. For this purpose, the main functions of the agglomeration were determined, including residential, public-business, economic-production, green, agricultural, recreational, service, transportation, etc. Their spatial referencing, i.e., matching places (sites) and their functions, was carried out through such a method of spatial data organization as GRID – an ordered set of territorially contiguous cells with equal sizes of less than one km². An analysis of the functions concentration in the cells allowed us to identify and accurately localize the centers and cores of the functional framework of the Kazan agglomeration, as well as transport and communication links that ensure the interaction between the centers and cores.

The study of the functional framework of the Kazan monocentric agglomeration clarifies the directions of its spatial development taking into account the analysis of the main features of the functional organization of space, which increases validity and accuracy of planning decisions not only for the city being the centre but also for the entire space of the urban agglomeration.

Keywords: urban agglomeration, urban agglomeration space, functional organization of space, agglomeration framework, Kazan agglomeration

For citation: Panasyuk, M.V., Shaimardanova, V.V. (2025). Functional organization of the Kazan urban agglomeration space. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 57–66. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-57-66. EDN: ECJHEN

Введение

Городские агломерации являются основными структурообразующими элементами современной системы расселения. Агломерации представляют собой сложную динамичную территориальную социально-экономическую систему, объединяющую территории городских и сельских поселений, связанных многообразными производственными, трудовыми, культурно-экономическими, рекреационными связями и совместным использованием ресурсов территории [1, 7, 11]. Пространство городской агломерации формируется и развивается под влиянием большого числа факторов, включая демографические, социально-экономические, природные и территориальные (доступность, плотность, компактность и др.) [9, 18, 23].

Многогранность понятия городской агломерации обуславливает специфику его трактовки с позиций различных научных подходов, среди которых следует отметить: географический, социальный, экономический, управленческий, экологический и градостроительный [3, 7, 9, 14]. Каждый из данных подходов отражает определенный аспект структурных и функциональных характеристик, процессов развития городской агломерации. Географический подход связан с исследованием пространства городской агломерации, включая изучение его организации, структуры пространства, выявлением тенденций связи внутриагломерационных территорий с их функциями, процессов пространственного развития агломераций.

Одно из главных направлений исследования структурно-функциональных характеристик города основывается на понятии каркаса городской системы и/или планировочного каркаса города. Он объединяет узловые элементы, территории которых отличаются высокой концентрацией градообразующих функций, и связывающую их инфраструктуру, включающую транспортные и информационные коммуникации. Отмечается [12, 13], что каркас является структурообразующей частью городской системы, в рамках которой проходят основные процессы жизнедеятельности городского населения и обеспечивается ее функциональная целостность. В зависимости от предмета исследований выделяются планировочный, экологический, природный, транспортно-коммуникационный, туристско-рекреационный и прочие типы каркаса города.

Современное пространственное развитие городских агломераций сопровождается быстрым ростом числа и повышением разнообразия их функций, изменением содержания функций территорий, входящих в состав системы город – пригород и агломерации [18]. Эти изменения основаны на трансформации трудовой деятельности, выражающейся в привлечении сельского населения к несельскохозяйственному труду, ростом объемов маятниковой миграции и т.д. [22]. Это обуславливает необходимость развития представлений о функциональной организации пространства городской агломерации и формах его организации, в том числе функциональной основе каркаса агломерации.

Экономическая, социальная и политическая география

Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.

Казань, являясь одним из крупнейших городов России, площадь территории которого превышает 400 км², формирует центр быстрорастущей Казанской агломерации, динамичное пространственное развитие которой идет в западном, северном и юго-восточном направлениях. Территория агломерации в пределах официальных границ, наряду с территорией городского округа Казани, также включает территории городов-спутников – Иннополиса, Салават Купере, Смарт Сити Казань, а также территории Верхнеуслонского, Высокогорского, Зеленодольского, Лаишевского и Пестречинского муниципальных районов (рис. 1). Официальные внешние границы агломерации совпадают с внешними границами отмеченных муниципальных районов.

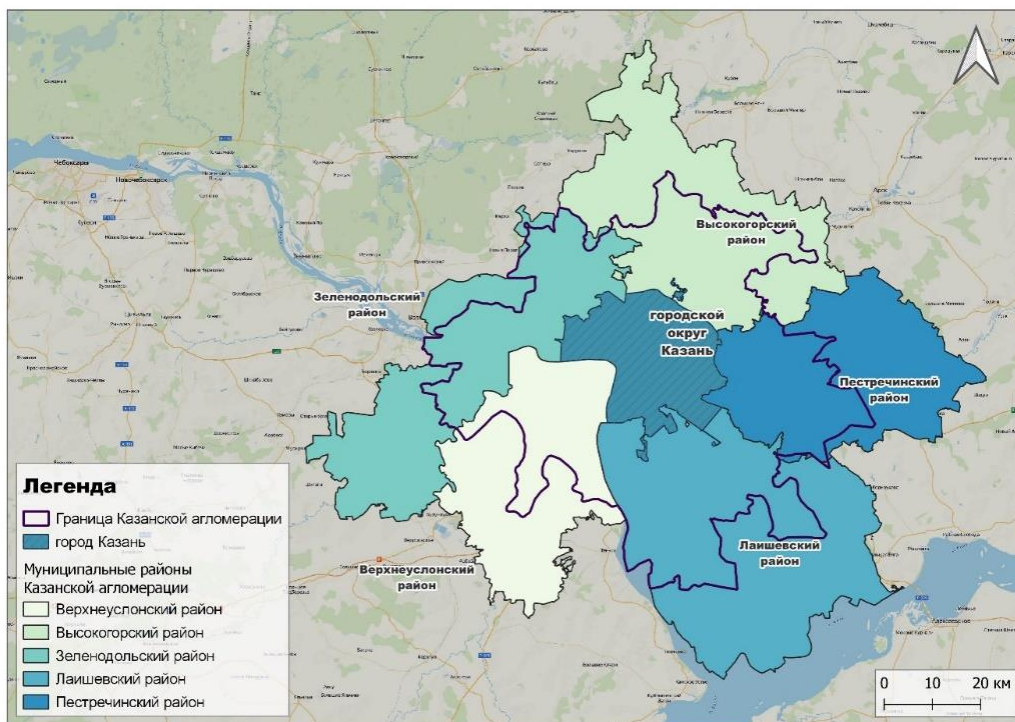


Рис. 1. Карта-схема Казанской агломерации
Fig. 1. Map-scheme of the Kazan agglomeration

Численность населения муниципальных образований, входящих в состав Казанской агломерации, на начало 2024 г. составляла 1,7 млн человек [19], что относит ее, в соответствии с положениями Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [15], к числу крупнейших городских агломераций.

Планировка современной агломерации является отражением планировочного развития ее центра – города Казани. Первоначально заложенная радиально-кольцевая структура планировки города в своей основе сохранилась до настоящего времени, однако намечаются тенденции к ее изменению вследствие разрастания города вдоль берегов рек Волги и Казанки. В пределах города представлены все основные виды городских функциональных зон. На их локализацию оказывает влияние комплекс природно-географических и социально-экономических факторов.

Пространственное развитие Казанской агломерации проявляется преимущественно в увеличении застройки территорий, росте числа и протяженности коммуникаций инфраструктурных объектов, изменении расселения, трансформации функций и увеличении функциональной плотности периферийных территорий в границах агломерации. Оно осуществляется в трех основных направлениях. Западное направление развития включает территории от Казани до г. Зеленодольска, расположенные вдоль соединяющих их железнодорожной магистрали и магистрали автомобильного транспорта. Северное направление объединяет территории между Казанью, с. Высокая Гора, Высокогорским муниципальным районом. Юго-восточное направление включает территории между Казанью и г. Лаишево, располагающиеся в близости от автодороги Р239.

В настоящее время стратегии социально-экономического и пространственного развития Казанской агломерации не разработаны. Отдельные положения пространственного развития Казанской и двух других городских агломераций Республики Татарстан присутствуют в Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года, Стратегии социально-экономического развития муниципального образования г. Казани до 2030 года и Генеральном плане Казани (до 2040 года) [6, 16, 17].

В Стратегии социально-экономического развития Казани до 2030 года к числу позитивных факторов пространственного развития города отнесены [16]:

- Система общественного городского транспорта является одной из лучших в России;
- Активное внедрение современных информационных технологий в управление транспортом;

*Экономическая, социальная и политическая география**Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.*

- Активные сообщества горожан.

К ключевым проблемам пространственного развития Казани следует отнести преимущественно проблемы недостаточной развитости транспортно-логистической системы города, приводящие к снижению уровня транспортной доступности, что проявляется:

- в значительных ежедневных потоках населения агломерации в центр города (по разным оценкам, от 170 до 250 тыс. человек);
- в недостаточном развитии инфраструктуры внеуличного скоростного, экологически чистого, безопасного и комфортного общественного транспорта;
- в отсутствии транспортно-пересадочных узлов в точках наиболее интенсивных пересечений различных видов внутригородского и агломерационного транспорта, увязанных с общегородским центром и центрами планировочных районов и т.д. [6, 16].

Географический подход позволяет определить научные основы исследования пространства Казанской агломерации, включая анализ особенностей и выявление перспектив его структуры и функциональности, которые создают предпосылки оптимальных планировочных решений, в т.ч. в области исследования планировочного, экологического, транспортный каркаса, функционального зонирования агломерации. К числу основных задач анализа относится выявление особых форм и моделей организации пространства агломерации, включая формы его функциональной организации. Исследование особенностей функциональной организации пространства Казанской и ряда других моноцентрических агломераций России позволило выявить особую пространственную структуру – *функциональный каркас моноцентрической агломерации*.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследований послужили методы пространственного и геоинформационного анализа, статистический и картографический метод. Выявление функционального каркаса агломерации осуществлялось на основе эмпирических данных, сведенных и обобщенных в базах пространственных данных ГИС. Базовой информационной структурой, используемой для исследования пространственной организации функций агломерации, являлись регулярные сети (GRID), содержавшие упорядоченные множества шестиугольных, равных по размерам ячеек, каждая из которых соотносится с данными о выполняемых на ее территории функциях и имеет площадь приблизительно 0,99 км². Данные ячейки в базе упорядочены по координатам. Общее число ячеек на территории агломерации составляло примерно 4,5 тыс. единиц.

Разработанная методика исследования функционального каркаса агломерации моноцентрического типа основана на алгоритме его выявления и локализации. Все действия алгоритма проводятся для системы ячеек регулярной сети или для их групп. Алгоритм включает следующую последовательность обобщенных этапов [20]:

1. *Определение границ городской агломерации.* В ходе исследований были выявлены различия официальных и реальных границ агломерации. Это обусловило необходимость их уточнения на основе комплекса методик [2, 5, 8] и разработки авторского варианта делимитации границ Казанской агломерации, представленного на рис. 1, 2 и 4, где границы агломерации отличаются от официальных.

2. *Проведение дифференциации территории агломерации по функциональному признаку*, что позволяет выявить функциональные зоны и составить картосхему функциональных зон агломерации. Детальный анализ функциональной организации территории Казанской агломерации привел к выводам о том, что ее отличает высокая концентрация функций в пределах города-центра, т.е. функциональная «скученность» [21]. Несмотря на то, что часть функций агломерации осуществляется и другими входящими в ее состав поселениями, город – центр концентрирует все функции агломерации, в том числе сельскохозяйственную.

3. *Вычисление плотности функций в рамках функциональных зон с помощью методов геоинформационного анализа в среде ГИС.* Вычисление плотности функций в ячейках сети на основе функционального зонирования позволяет решить задачи выявления и локализации всех элементов функционального каркаса. В базах пространственных данных геоинформационной системы территория Казанской агломерации была представлена, как отмечено выше, в форме регулярной сети ячеек (GRID). С помощью автоматического подсчета количества площадей различных функциональных зон в границах отдельной шестиугольной ячейки была определена плотность функций, под которой понимается количество функциональных зон, приходящееся на одну ячейку (рис. 2).

4. *Выявление полифункциональных территорий и их буферных зон.* В Казанской агломерации отсутствуют ячейки, где представлены все из нижеперечисленных 12-ти функциональных зон, максимальное количество различающихся функциональных зон, попавших в границы одной ячейки, равно 10. Значения плотности 7–10 (70–100 % от общего числа) функций на территорию одной ячейки сети характеризуют относительно высокую концентрацию функций, что свидетельствует о принадлежности к ядрам или центрам функционального каркаса. Процессы развития и трансформации функционально-планировочной структуры агломерации динамичны, что усложняет выявление и анализ групп полифункциональных территориально сопряженных ячеек с относительно высокой плотностью функций. В этом случае необходимо анализировать и буферные территории, имеющие потенциал включения в состав полифункциональных, где в пределах границ агломерации наблюдается реализация 50–70 % от общего числа функций.

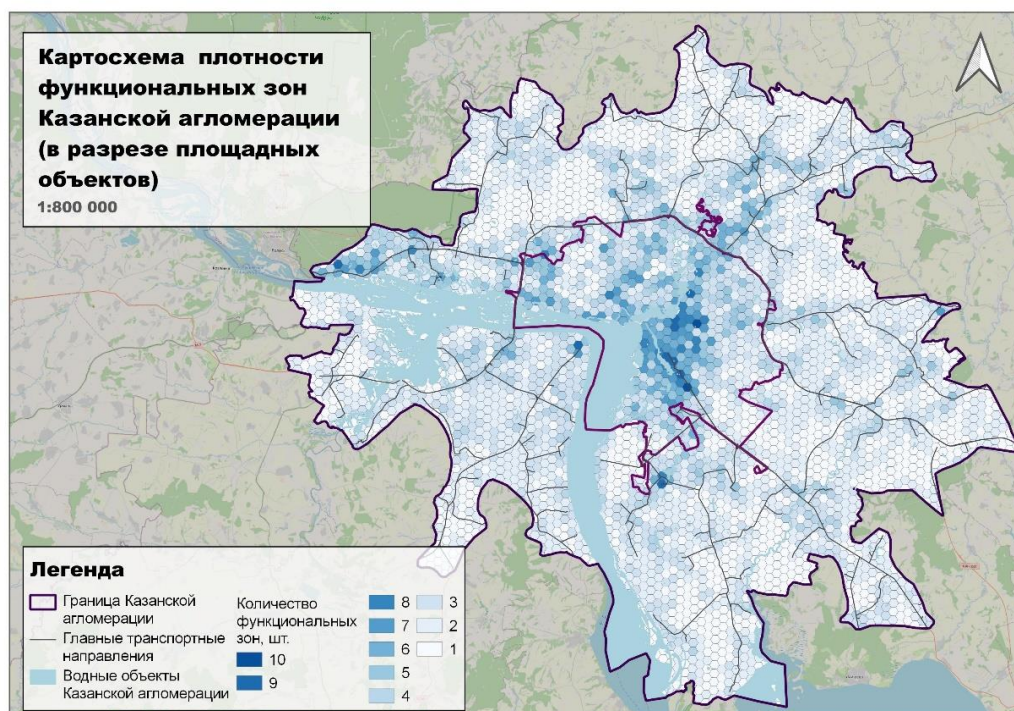


Рис. 2. Карта-схема плотности функциональных зон Казанской агломерации

Fig. 2. Map-scheme of the density of functional zones of the Kazan agglomeration

5. *Выявление полифункциональных ареалов – ядер функционального каркаса, а также буферных ареалов – центров функционального каркаса территории агломерации.* Картографическая генерализация контуров полифункциональных и буферных ареалов позволяет определить их границы.

6. *Выявление транспортных магистралей, служащих основой обеспечения взаимосвязи и взаимодействия элементов функционального каркаса.*

7. *Систематизация сведений о всех составляющих функционального каркаса агломерации с учетом их локализации и построение картосхемы функционального каркаса.*

При решении задач использовались следующие виды функциональных зон и соответствующих им функций агломерации:

- Селитебная зона индивидуальной застройки с единичными объектами социальной инфраструктуры.
- Селитебная зона многоэтажной застройки с единичными объектами социально-экономической инфраструктуры.
- Общественно-деловая многопрофильная зона, где сосредоточены здания и территории приложения человеческого труда, не связанные с производством и промышленностью, а также транспортом.
- Хозяйственно-производственная зона – сосредотачивает объекты производства, промышленности, хранения и обслуживания объектов производственной сферы.
- Зона сферы обслуживания населения, в том числе коммунально-бытового обслуживания.
- Зона размещения транспортной инфраструктуры.
- Сельскохозяйственная зона – зона локализации сельскохозяйственной деятельности в границах агломерации.
- Общественно-рекреационная зона.
- Зеленая зона.
- Зоны специального назначения – военные объекты, кладбища, полигоны хранения опасных отходов, стрельбища, земли учебных полигонов и учебно-опытных площадок, территории обеспечения обороны и безопасности (по ПМК).
- Зоны сезонной рекреации – садовые товарищества и кооперативы, огороды и др.
- Зоны перспективного освоения – территории, которые на данный момент не выполняют конкретные функции, пустуют либо являются перспективными, а также резервные территории.

Решение задач анализа пространственных данных выполнялась на основе программного обеспечения геоинформационных систем ArcGIS (ArcMap 10.6.1), а также QGIS 3.22.10.

Результаты и их обсуждение

Для выявления структурообразующих элементов и особенностей пространственной организации функционального каркаса моноцентрической агломерации проводилось исследование ряда агломераций России, относящихся

к данному типу, имеющих схожую численность города-ядра и организацию пространственно-планировочной структуры. Были проанализированы все города-миллионеры России (кроме Москвы и Санкт-Петербурга), среди которых наибольшую схожесть с Казанью по численности населения города-центра имеют Новосибирск, Екатеринбург, Нижний Новгород и Челябинск, а по пространственно-планировочной структуре – Екатеринбургская и Нижегородская агломерации. Заметное влияние на развитие функционального каркаса Казанской агломерации оказывает и природный барьер р. Казанки, которая разделяет территорию Казани на две части. Учет данного фактора привел к выбору в качестве объектов изучения трех схожих по исследовательским параметрам агломераций, включая Казанскую, Новосибирскую и Нижегородскую. Последние, как и Казанская агломерация, относятся к числу быстроразвивающихся крупных моноцентрических агломераций России [4, 10].

Сравнительный анализ организации функционального пространства и результаты выявления функционального каркаса подобных агломераций позволили прийти к выводам о том, что функциональный каркас моноцентрической агломерации структурно состоит из следующих элементов:

- Основные элементы. Включают полифункциональные ареалы и перспективные полифункциональные ареалы – *ядра функционального каркаса*. Это территории с наиболее высокой плотностью функций агломерации, где дифференциация пространства агломерации по функциональному признаку достигает максимума;

- Второстепенные элементы каркаса, в состав которых входят *центры функционального каркаса*, представляющие собой ареалы средней и высокой плотности функций, не присутствующие в составе ядер функционального каркаса агломерации;

- Связующие элементы. Объединяют транспортные и информационные коммуникации. Связующие элементы – система коммуникаций, обеспечивающая постоянную взаимосвязь и взаимодействие основных и второстепенных элементов каркаса в рамках функционирования городской агломерации.

Функциональный каркас имеет несколько ядер и центров первого и второго порядка, а также развитую систему связующих элементов (рис. 3).

Характеристики элементов функционального каркаса моноцентрической агломерации представлены в таблице.

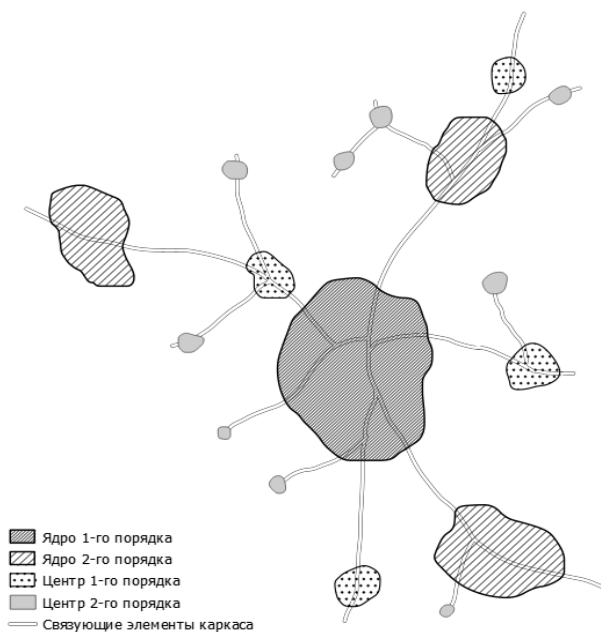


Рис. 3. Схема функционального каркаса городской агломерации моноцентрического типа

Fig. 3. A generalized scheme of the functional framework of a monocentric urban agglomeration

К основным элементам каркаса относятся полифункциональные ареалы, выделенные на основе концентрации функциональных зон в ячейках. Данные полифункциональные ареалы не всегда имеют схожие величины площади. На основе анализа особенностей строения каркаса, образующихся в результате исторического развития агломерации, в структуре функционального каркаса выделяются ядро 1-го и ядро 2-го порядка.

Ядро 1-го порядка, занимающее наибольшую среди всех узловых элементов территорию, играет главную роль в пространственном развитии городской агломерации. Наличие ядра свидетельствует об ее функциональной развитости, о наличии «функционального центра притяжения» агломерации. Ядро 1-го порядка в основном занимает территории исторического и делового центров города. Оно отличается от других элементов каркаса в первую очередь высоким уровнем концентрации функций в расчете на одну ячейку, когда их число находится в диапазоне 8–10 функций (функциональных зон). Наличие ядер 2-го порядка свидетельствует о достаточно зрелом функциональном пространстве агломерации. Их формирование является результатом растущей роли отдельных мест, характеризующихся высокой плотностью функций при меньшей площади, чем у ядра 1-го порядка.

Подобные ядра могут образовываться вокруг станций метро, в районах реконструкции и застройки. В функциональном плане и по размерам они несколько уступают ядру 1-го порядка, являясь как бы второстепенными. При этом в силу их полифункциональности они способны развиваться относительно изолированно за счет производства достаточно большого объема и широкого спектра материальных и нематериальных благ вне тесных связей с ядром 1-го порядка.

Экономическая, социальная и политическая география

Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.

Таблица
TableЭлементы функционального каркаса городской агломерации
Elements of the functional framework of an urban agglomeration

Общие элементы каркаса	Структурные элементы каркаса	Условие отнесения
Основные элементы каркаса	Ядро 1-го порядка	наибольший по площади полифункциональный ареал, выделенный в границах агломерации
	Ядра 2-го порядка	полноценные полифункциональные ареалы с меньшей относительно ядра 1-го порядка площади
Второстепенные элементы каркаса	Центр 1-го порядка	буферные ареалы, имеющие высокую функциональную плотность территории и формирующиеся обособленно от полифункциональных ареалов
	Центр 2-го порядка	буферные ареалы, имеющие среднюю функциональную плотность территории и формирующиеся обособленно от полифункциональных ареалов
Связующие элементы каркаса	Дорожная сеть агломерации	главные транспортные магистрали агломерации, обеспечивающие взаимодействие основных и второстепенных элементов (узлов) функционального каркаса внутри агломерации

Ядра 2-го порядка обеспечивают развитие полицентрических основ агломерации и усложнение структуры ее пространства. Рост их функциональности, что отражается в развитии транспортной сети агломерации, приводит к необходимости быстрого развития связывающих коммуникаций, способствуя повышению доступности пространства агломерации, общей оптимизации грузовых и пассажирских перевозок в его границах. В пределах одной ячейки территорий ядер 2-го порядка концентрируется 70–90 % от общего числа функций Казанской агломерации.

Второстепенные элементы функционального каркаса представляют собой буферные территории, имеющие среднюю и повышенную функциональную плотность и формирующиеся обособленно от полифункциональных ареалов. В зависимости от их размеров в составе буферных ареалов были выделены центры 1-го и 2-го порядка. Концентрация функций на одну ячейку территорий центров составляет 50–70 % от общего числа функций, а их площадь меньше, чем площадь ядер 2-го порядка.

Связующие элементы, как правило, представлены существующей системой транспортных магистралей в пределах дорожной сети агломерации. Они являются главными транспортными артериями, обеспечивающими связи между ядрами и центрами функционального каркаса агломерации.

Функциональный каркас Казанской агломерации является структурообразующей основой ее пространства. Он находится в стадии формирования, но уже имеет сложную структуру (рис. 4). Относительно компактную и не имеющую внутренних контуров территорию имеет только один основной элемент – ядро каркаса, находящийся в центральной части агломерации по берегам рек Волга и Казанка. Эта территория наиболее освоена и развита в функциональном отношении. В то же время именно здесь наблюдаются наименьшие по площади участки отдельных функциональных зон.

Отдельная западная ветвь функционального каркаса включает основной и второстепенные элементы, главный из которых связан с территорией г. Зеленодольска. Их соединяет западный транспортный коридор, включающий железнодорожную и автомобильные магистрали, вдоль которой находятся также крупные массивы сельскохозяйственной и лесной растительности.

Еще одна ветвь каркаса имеет северное направление в сторону Высокогорского муниципального района. Она включает несколько небольших по площади элементов второго порядка, соединенных автодорогой «Казань – Высокая гора – Арск».

Юго-восточная ветвь каркаса находится в начальной стадии формирования, характеризуется меньшей протяженностью связующих элементов, включая ряд второстепенных, находящихся на территории Пестречинского и частично Лаишевского муниципальных районов.

Таким образом, функциональный каркас охватывает западную, северную и в меньшей степени юго-восточную части Казанской агломерации, образуя линейно-узловую пространственную структуру, протянувшуюся преимущественно с севера на юг агломерации. В то же время функциональный каркас практически отсутствует в восточной части агломерации, что говорит о недостаточной функциональности этих территорий и создает определенные предпосылки для пространственного развития города в данном направлении.

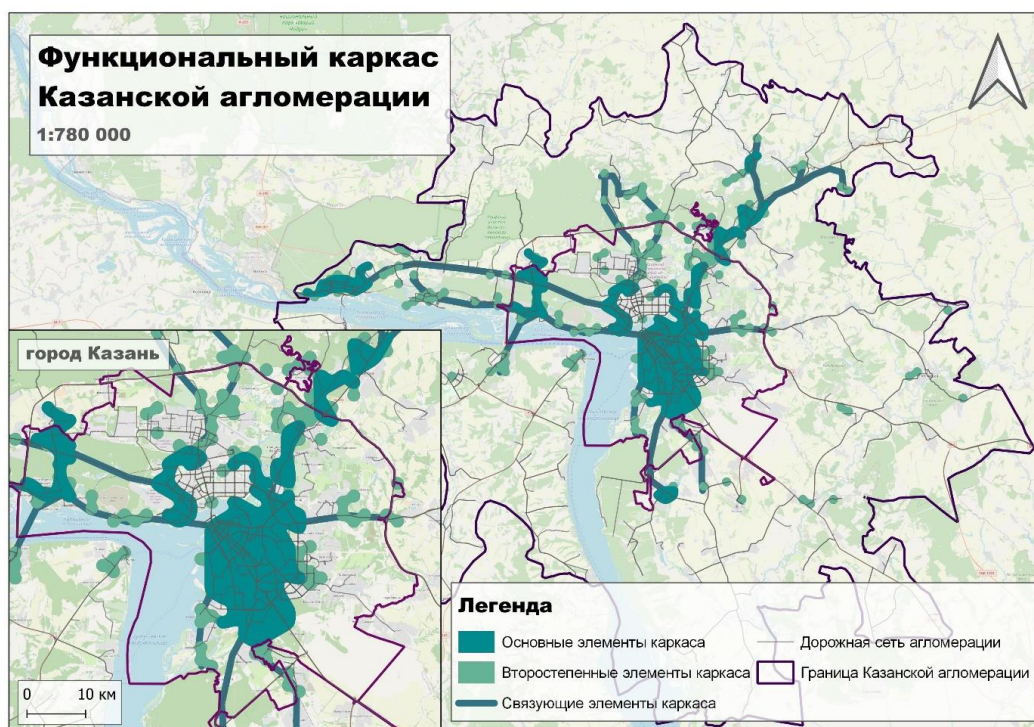


Рис. 4. Карта-схема функционального каркаса Казанской агломерации
Fig. 4. Map-scheme of the functional framework of the Kazan agglomeration

Выводы

Функциональный каркас городской агломерации представляет собой динамично развивающуюся пространственную структуру, форму организации пространства агломерации. Выявление функционального каркаса является результатом географических исследований, основанных на детальном анализе состава и локализации функций агломерации в рамках заданного упорядоченного множества ячеек регулярной полигональной метрической сетки или иной регулярной структуры пространственных данных. Это позволяет получить достаточно точную координатную привязку всех элементов каркаса, а также географически точное соотнесение связующих элементов с существующей системой коммуникаций.

Казанская агломерация является формирующейся моноцентрической городской агломерацией, которая входит в число крупнейших в России. Она отличается многообразием функций и характеризуется высоким уровнем их концентрации в пределах города-центра при наблюдаемом процессе перемещения функциональной нагрузки на периферию агломерации.

Функциональный каркас Казанской агломерации отличается развитостью и сложным составом узловых элементов, включающих ядра и центры 1-го и 2-го порядка, а также сложной сетью коммуникаций. Он охватывает западную, северную и в меньшей степени юго-восточную части Казанской агломерации и вытянут преимущественно с севера на юг ее территории. Анализируя особенности функционального каркаса Казанской агломерации в различные периоды его развития, можно выявить закономерности изменения его структуры, состава и плотности функций, что позволяет с научных позиций обосновать основные направления пространственного развития агломерации, а также расширить научные основы разработки генеральных планов агломераций.

Анализ функционального каркаса Казанской агломерации формирует предпосылки разработки ее оптимальной планировочной структуры с учетом главных особенностей функциональной организации пространства агломерации, потенциала и направлений его развития, отражаемых в функциональном каркасе. Функциональный каркас позволяет уточнить и дополнить схему планировочного каркаса города – центра. Он обеспечивает охват всей территории городской агломерации с учетом связей центра с другими поселениями и межселенными территориями. Схема функционального каркаса Казанской агломерации в общем виде может быть использована при анализе организации пространства любой моноцентрической агломерации.

Библиографический список

1. Анимица Е.Г., Власова Н.Ю. Проблемы и перспективы развития городских агломераций // Регионалистика. 2020. Т. 7, № 3. С. 60–66. DOI: 10.14530/reg.2020.3.60 EDN: INVUGV
2. Антонов Е.В. Городские агломерации: подходы к выделению и делимитации. // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2020. Т. 13, № 1. С. 180–202. DOI: 10.23932/2542-0240-2020-13-1-10 EDN: UFLQBN
3. Балашова А. Н. Урбанизация // Новая философская энциклопедия: сайт. 2018. URL: <http://iph.ras.ru/elib/3123.html> (дата обращения: 1.10.2024)

Экономическая, социальная и политическая география

Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.

4. Гильфанова Л.Р., Крисанкова К.А. Новосибирская агломерация: проблемы и перспективы развития // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2017. Т. 1, № 4. С. 116–119. EDN: YJMURR
5. Изгузина Н.Р. Подходы к делимитации городских агломераций // Дискуссия. 2014. № 9 (50). С. 44–52. EDN: SXTOMN
6. Институт Генплана Москвы. Генплан Казани (до 2040 года). URL: <https://genplanmos.ru/project/genplan-kazani-do-2040-goda/> (дата обращения: 15.09.2024)
7. Лаппо Г.М. Города России. Взгляд географа. М.: Новый хронограф, 2012. 503 с. ISBN: 978-5-94881-151-2 EDN: QKLEZX
8. Лола А.М. Городское агломерационное управление в России: состояние и что делать. М.: Канон+, 2013. 291 с.
9. Любовный В.Я. Городские агломерации России: от стихийного к целенаправленному развитию // Муниципалитет: экономика и управление. 2015. № 1 (10). С. 5–16. EDN: TOABVJ
10. Парфенов В.М. Нижегородская агломерация - проблемы пространственного развития // Великие реки' 2018: труды научного конгресса 20-го Международного научно-промышленного форума. В 3-х томах, Нижний Новгород, 15–18 мая 2018 года. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2018. Т. 3. С. 153–157. EDN: YPAFKH
11. Перчик Е.Н. Проблемы развития городских агломераций // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 2. С. 63–69. EDN: KZUBVR
12. Полян П.М. Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения. М.: Новый хронограф, 2014. 782 с. ISBN: 978-5-94881-224-3 EDN: TAYFBZ
13. Потапенко А.А. Диспропорции пространственной структуры города как резерв развития каркаса города: территориально-коммуникационная модель и анализ сотовых данных // Урбанистика. 2022. № 4. С. 50–70. DOI: 10.7256/2310-8673.2022.4.37724 EDN: RNLSKA
14. Сирина Д.А. Подходы к исследованию структуры городских агломераций // Вестник евразийской науки. 2017. № 1 (38). EDN: YMXOMT
15. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAUqT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 19.03.2024)
16. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования г. Казани до 2030 года. URL: <https://lc-av.ru/wp-content/uploads/2022/09/Strategiya-Kazan-2030.pdf> (дата обращения: 15.03.2024)
17. Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года. URL: <http://i.tatarstan2030.ru/strategy> (дата обращения: 20.03.2024)
18. Строев П.В., Морковкин Д.Е., Макаров С.В. Современные тенденции развития агломераций // Креативная экономика. 2020. Т. 14, № 11. С. 2693–2712. DOI: 10.18334/ce.14.11.11071 EDN: XOUMBP
19. Численность населения муниципальных районов и городских округов Республики Татарстан на начало 2024 г. и в среднем за 2023 г. URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPRrJRXIUfOewruLMgOJNV_73mgiWDfCdfFINbXTeigqV4BfFW7qkL-NukaWE54fGEaDgZ4KHqYzIIBWY7r4MhzQhlzcLU3BM8uRdBU3SA_izuSrmj13rukCBcxq38d9108U4UXU8bx_HA%3D%3D%3Fsign%3DsUU0-S6ybv0OF9yu5-a3jDNDdRHmfyVyMix0GBxRSuU%3D&name=chslmo_24\(1\).docx](https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPRrJRXIUfOewruLMgOJNV_73mgiWDfCdfFINbXTeigqV4BfFW7qkL-NukaWE54fGEaDgZ4KHqYzIIBWY7r4MhzQhlzcLU3BM8uRdBU3SA_izuSrmj13rukCBcxq38d9108U4UXU8bx_HA%3D%3D%3Fsign%3DsUU0-S6ybv0OF9yu5-a3jDNDdRHmfyVyMix0GBxRSuU%3D&name=chslmo_24(1).docx) (дата обращения: 24.12.2024)
20. Шаймарданова В.В. Функциональная организация пространства Казанской городской агломерации: автореф... дис. кан. геогр. наук. Казань: 2024. 24 с. URL: https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/DISSERTATION/F_1329160281/Avtoreferat_Shajmardanova_V.V.pdf
21. Шаймарданова В.В. Функциональное зонирование как элемент территориального планирования городской агломерации // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6 (72). № 3. С. 219–227. EDN: YRRODH
22. Швецов А.Н. Городская агломерация – организационная форма преобразования пространства в Российской Федерации // Федерализм. 2017. № 2 (86). С. 47–60. EDN: YUKASH
23. Шеина С.Г., Рязанцева Т.В. Основные факторы, влияющие на развитие агломераций // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. С. 761–764. EDN: PJXZXR

References

1. Animitsa E.G., Vlasova N.Yu. Problems and prospects of urban agglomerations development. *Regionalistika*, 2020. Vol. 7. No. 3, Pp. 60–66. (In Russian).
2. Antonov E.V. Urban agglomerations: approaches to delineation and delimitation // *Kontury global'nyh transformacij: politika, ekonomika, pravo*. 2020. Vol. 13. No. 1. Pp. 180–202. (In Russian).
3. Balashova, A. N. Urbanization // *New Philosophical encyclopedia: website*. 2018. URL: <http://iph.ras.ru/elib/3123.html> (accessed 01.10.2024). (In Russian).
4. Gilfanova, L. R. Krisankova, K. A. Novosibirsk agglomeration: problems and prospects of development // *Novaya nauka: Teoreticheskij i prakticheskij vzglyad* 2017. Vol. 1. No. 4. Pp. 116–119. (In Russian).
5. Izhguzina N. R. Approaches to the delimitation of urban agglomerations. *Diskussiya*. 2014. No. 9 (50). Pp. 44–52. (In Russian).
6. The Institute of the General Plan of Moscow. *Kazan General Plan (until 2040)*. URL: <https://genplanmos.ru/project/genplan-kazani-do-2040-goda/> (accessed 15.09.2024). (In Russian).
7. Lappo G. M. (2012) Cities of Russia. The geographer's view. Moskva: *Novyj hronograf*. 503 p. (In Russian).
8. Lola A. M. (2013) Urban agglomeration management in Russia: status and what to do. Moskva: *Kanon+*. 291 p. (In Russian).
9. Lyubovny V. Ya. Urban agglomerations of Russia: from spontaneous to purposeful development. *Municipality: economics and management*. 2015. No. 1 (10). Pp. 5–16. (In Russian).
10. Parfenov V. M. Nizhny Novgorod agglomeration - problems of spatial development // *Great Rivers' 2018: Proceedings of the Scientific Congress of the 20th International Scientific and Industrial Forum*. In 3 volumes, Nizhny Novgorod, May 15-18, 2018. Vol. 3. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. 2018. Pp. 153–157. (In Russian).
11. Pertsik E. N. Problems of urban agglomerations development. *Academia. Architecture and construction*. 2009. No. 2. Pp. 63–69. (In Russian).

Экономическая, социальная и политическая география

Панасюк М.В., Шаймарданова В.В.

12. Polyan P.M. (2014) Territorial structures - urbanization - settlement: theoretical approaches and methods of study. Moskva: *Novyy hronograf*. 782 p. (In Russian).
13. Potapenko A.A. Disproportions of the spatial structure of the city as a reserve for the development of the city frame: territorial and communication model and analysis of cellular data. *Urbanistika*. 2022. No. 4. Pp. 50–70. (In Russian).
14. Sirina D.A. Approaches to the study of the structure of urban agglomerations. *Vestnik evrazijskoj nauki*. 2017. No. 1 (38). (In Russian).
15. Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAlqUfT08o60RktoOXl22JjAe7irNxc.pdf> (accessed 19.03.2024). (In Russian).
16. Strategy of socio-economic development of the municipality of Kazan until 2030. URL: <https://lc-av.ru/wp-content/uploads/2022/09/Strategiya-Kazan-2030.pdf> (accessed 15.03.2024). (In Russian).
17. Strategy of socio-economic development of the Republic of Tatarstan until 2030. URL: <http://i.tatarstan2030.ru/strategy> (accessed 20.03.2024). (In Russian).
18. Stroeve P. V., Morkovkin D. E., Makar S. V. Modern trends in the development of agglomerations // *Kreativnaya ekonomika*. 2020. Vol. 14. No. 11. Pp. 2693–2712. (In Russian).
19. The population of municipal districts and urban districts of the Republic of Tatarstan at the beginning of 2024 and on average for 2023. URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrJRXLUFoewruLMgOJNV_73mgiWDfCdFINbXTeigqV4BfFW7qkL-NUkaWE54fGEaDgZ4KHqYtZILBWy7r4MhzQhIzcLU3BM8uRdBU3SA_izuSrmj13rukCBcxq38d91O8U4UXU8bx_HA%3D%3D%3Fsign%3DsUU0-S6ybv0OF9yu5-a3jDNDdRhmfyVyMix0GBxRSuU%3D&name=chslmo_24\(1\).docx](https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrJRXLUFoewruLMgOJNV_73mgiWDfCdFINbXTeigqV4BfFW7qkL-NUkaWE54fGEaDgZ4KHqYtZILBWy7r4MhzQhIzcLU3BM8uRdBU3SA_izuSrmj13rukCBcxq38d91O8U4UXU8bx_HA%3D%3D%3Fsign%3DsUU0-S6ybv0OF9yu5-a3jDNDdRhmfyVyMix0GBxRSuU%3D&name=chslmo_24(1).docx) (accessed 24.12.2024). (In Russian).
20. Shaimardanova V.V. Functional organization of the space of the Kazan urban agglomeration: autoabstr. of cand. geogr. sc. thesis, Kazan, 2024, 24 p. URL: https://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/DISSERTATION/F_1329160281/Avtoreferat-Shajmardanova_V.V.pdf. (In Russian).
21. Shaimardanova V.V. Functional zoning as an element of territorial planning of urban agglomeration // *Scientific notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 2020. Vol.6 (72). No. 3. Pp.219–227. (In Russian).
22. Shvetsov A.N. Urban agglomeration - organizational form of space transformation in the Russian Federation // *Federalism*. 2017. No. 2(86). Pp. 47–60. (In Russian).
23. Sheina S.G., Ryazanceva T.V. The main factors influencing the development of agglomerations. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2012. No. 3. Pp. 761–764. (In Russian).

Статья поступила в редакцию: 09.01.25, одобрена после рецензирования: 14.03.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 9 January 2025; approved after review: 14 March 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Михаил Валентинович Панасюк

доктор географических наук,
профессор кафедры географии и картографии,
Казанский федеральный университет;
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлёвская, 6/20
e-mail: mp3719@yandex.ru

Information about the authors

Mikhail V. Panasyuk

Doctor of Geographical Sciences, Full Professor,
Department of Geography and Cartography,
Kazan Federal University;
6/20, Kremlyovskaya st., Kazan, 420008, Russia
e-mail: mp3719@yandex.ru

Валерия Валерьевна Шаймарданова

кандидат географических наук,
старший преподаватель кафедры
географии и картографии,
Казанский федеральный университет;
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлёвская, 6/20
e-mail: valeriyashaim@mail.ru

Valeriya V. Shaimardanova

Candidate of Geographical Sciences,
Senior Lecturer, Department of Geography
and Cartography,
Kazan Federal University;
6/20, Kremlyovskaya st., Kazan, 420008, Russia
e-mail: valeriyashaim@mail.ru

Вклад авторов

Панасюк М.В. – формирование понятия функционального каркаса агломерации, его особенностей и перспектив исследования, написание статьи.

Шаймарданова В.В. – разработка методики выявления функционального каркаса и системы показателей, создание картографического обеспечения, написание и оформление статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Mikhail V. Panasyuk – formation of the concept of the functional framework of agglomeration, its features and research prospects; writing of the article.

Valeriya V. Shaimardanova – development of a methodology for identifying a functional framework and a system of indicators; cartographic support; writing and formatting of the article.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья
УДК 911.375.3(470)
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80
EDN: YOTVDF



ТРАНСФОРМАЦИЯ ГОРОДСКОГО РАССЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Андрей Александрович Оломский¹, Людмила Ивановна Попкова²

^{1, 2} Курский государственный университет, г. Курск, Россия

¹ pfkandres@gmail.com, Author ID: 1260748, SPIN-код: 1161-5901

² geopoli@mail.ru, Scopus Author ID: 57220007889, ResearcherID: ABF-3531-2021, SPIN-код: 2396-4671

Аннотация. На более чем вековую динамику числа и состава городов региона влияют возраст, генетические факторы, характер и разнообразие выполняемых функций, официальный статус населённого пункта, сочетание и соотношение природных, исторических и социально-экономических причин, оказывающих на поселение как внутреннее, так и внешнее воздействие. Цель работы – проследить характер трансформационных процессов, затронувших вековую динамику основных показателей развития городских поселений Центрального Черноземья, для определения их роли в территориальной организации региона. Сопоставительный анализ критериев истинности города позволил выделить группы городов по соотношению численности населения и торгово-промышленного оборота за более чем вековую динамику городского расселения. Подтвердилась точка зрения об изменчивости критериев истинности города и приведении их в соответствие с уровнем социально-экономического развития. В статье рассматриваются унаследованные и приобретенные признаки, ключевые аспекты урбанизации Центрального Черноземья за период с 1897 по 2021 г. (в ряде случаев до 2024 г.). Отражены особенности региональной системы городов, обусловленные аграрным характером колонизации вследствие благоприятного агроклиматического потенциала и плодородия почв. Проанализировано изменение численности городов, определены причины возвышения одних, стагнация других и деградация третьих. Группировка по основным признакам истинности города выявила основные урбанизационные тенденции развития Центрального Черноземья, ключевые трансформационные факторы, изменившие роль и место города в территориальной структуре региона. Анализ системы статистических показателей выявил высокую корреляцию между численностью населения города и занятостью в отраслях непродовольственной сферы, обрабатывающих производств и добыче полезных ископаемых. Характер трансформационных процессов способствовал укреплению опорных центров: их стало больше, и они стали крупнее; усилилась транспортная связность территории; смена технологических укладов изменила соотношение отраслей и структуру занятости населения.

Ключевые слова: городское расселение, истинный город, показатели, критерии, Центральное Черноземье

Для цитирования: Оломский А.А., Попкова Л.И. Трансформация городского расселения Центрального Черноземья // Географический вестник=Geographical bulletin 2025. № 2 (73). С.67–80. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80. EDN: YOTVDF

Original article
doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80
EDN: YOTVDF

TRANSFORMATION OF URBAN SETTLEMENT PATTERNS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Andrey A. Olomsky¹, Lyudmila I. Popkova²

^{1, 2} Kursk State University, Kursk, Russia

¹ pfkandres@gmail.com, Author ID: 1260748, SPIN-code: 1161-5901

² geopoli@mail.ru, Scopus Author ID: 57220007889, ResearcherID: ABF-3531-2021, SPIN-code: 2396-4671

Abstract. The more than century-long dynamics of the number and composition of cities in a region are influenced by the age, genetic factors, the nature and diversity of the functions performed, the official status of settlements, the combination and ratio of natural, historical, and socio-economic factors that have both internal and external impact on settlements. The article aims to trace the nature of the transformation processes that have affected the century-long dynamics of the main development indicators of urban settlements in the Central Chernozem Region (Central Black Earth



© 2025 Эта работа Оломского А.А., Попковой Л.И. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Region) in order to determine their role in the territorial organization of the area. A comparative analysis of the criteria of a true city allowed us to identify groups of cities based on the ratio of the population and the trade-and-industrial turnover for a period of more than a century. The study has confirmed the point of view on the variability of a true city criteria and the need to bring them in line with the level of socio-economic development. The article examines the inherited and acquired features, as well as key aspects of the Central Chernozem Region's urbanization for the period from 1897 to 2021 (in some cases – up to 2024). The peculiarities of the regional system of cities, determined by the agrarian nature of colonization due to favorable agroclimatic potential and soil fertility, are reflected. The change in the number of cities is analyzed, the reasons for the rise of some cities, stagnation of others, and degradation of still others have been determined. Grouping by the main features of a true city has revealed the main urbanization trends in the development of the Central Chernozem Region and the key transformation factors that have changed the role and place of cities in the region's territorial structure. An analysis of the system of statistical indicators has showed a high correlation between a city's population and employment in non-production industries, manufacturing, and mining. The nature of the transformation processes has contributed to the strengthening of the 'backbone' centers: their number has increased and they have become larger in size; the transport connectivity in the territory has enhanced; the change in technological patterns has led to changes in the ratio of industries and the employment structure.

Keywords: urban settlement, true city, indicators, criteria, the Central Chernozem Region

For citation: Olomsky, A.A., Popkova, L.I. (2025). Transformation of urban settlement patterns in the Central Chernozem Region. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 67–80. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-67-80. EDN: YOTVDF

Введение

Сопоставление вековой динамики числа и состава городов региона проводилось с учётом их возраста, происхождения, содержания и разнообразия выполняемых функций, времени получения городом официального статуса, а также множественных вариантов сочетания и соотношения природных, исторических и социально-экономических причин, оказывающих на поселение как внутреннее, так и внешнее воздействие.

Устойчивость системы городского расселения рассматривается как способность узловых элементов выполнять роль центра своего окружения, а также роль полноценных представителей в обеспечении взаимосвязей между другими звеньями систем расселения разных территориальных иерархических уровней. Для исполнения этих обязанностей город должен обладать рядом признаков, подтверждающих его жизнеспособность и соответствие занимаемой должности на протяжении длительного периода.

В качестве таких признаков могут рассматриваться как унаследованные, так и приобретенные. К числу унаследованных отнесем происхождение: из 52 городов 20 (38,5 %) первоначально были известны как сельские поселения: село, слобода, торгово-промышленная слобода, монастырская слобода, казачье поселение, сельцо; 21 (40,4 %) – как крепости и остроги; 7 (13,5 %) – как рабочие поселки; 3 (5,7 %) – как транспортные поселения: пристань, полустанок, поселок при станции; 1 (1,9 %) – как военная верфь. В той или иной степени $\frac{2}{3}$ от общего числа городов первоначально имели несельскохозяйственное происхождение.

К разряду приобретённых отнесём присвоение статуса города, строительство крупных промышленных предприятий и объектов транспортной инфраструктуры. Наиболее важными вехами приобретения городских функций для Центрального Черноземья стали административные преобразования Екатеринбургской губернской реформы, железнодорожное строительство, освоение ресурсов КМА, ввод в действие атомных электростанций, крупных предприятий промышленности, в т.ч. перерабатывающей сельскохозяйственное сырьё.

Каждый третий чернозёмный город получил статус в Екатеринбургскую реформу, что поддержало административную функцию урбанизационного потенциала, но, по сути, не стало триггером социально-экономического возвышения города над окружающей местностью. Совсем по-другому сказалось на сети и системе городского расселения строительство железных дорог. В Черноземье появились города, обязанные своему нынешнему существованию стальным магистралям (Лиски, Семилуки, Россось, Поворино), а также города, экономическое развитие которых существенно поддержали новые транспортные пути (например, Льгов, Грязи) [22].

Несомненно, важным фактором урбанизации региона стало освоение месторождений КМА, строительство обогатительных и металлургических комбинатов, что существенно повысило роль Липецка и Старого Оскола и способствовало возникновению новых городов – Губкина, Железногорска, Строителя. Градообразовательную функцию для Курчатова и Нововоронежа обеспечила атомная энергетика. Предприятия пищевой промышленности стали базой для основания Алексеевки, Эртиля, Лебедяни и др.

Материалы и методы

В качестве основных литературных источников использованы фундаментальные труды В.П. Семёнова-Тян-Шанского [24], А.И. Воейкова [3, 4], Г.М. Лаппо [15–18], монография, изданная учёными Института географии РАН [6], опубликованные работы по урбанизированности территории России и отдельных её регионов [2, 12, 14], Центрального Черноземья [20, 21, 23, 27] и его субъектов [28].

Информационно-аналитической базой исследования стал труд В.П. Семёнова-Тян-Шанского «Город и деревня в Европейской России: очерк по экономической географии» [24], под впечатлением от которого и воз-

ника идея статьи. Развитие представлений об истинности города, впервые озвученных Вениамином Петрови-чем, неоднократно затрагивались в работах Г.М. Лаппо [15, 16], получили новое прочтение в монографии «Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен» [24]. Детальная проработка опубликованных материалов позво-лила углубить масштаб исследования до уровня городов Центрального Черноземья: пять областей и 52 города различного возраста, генезиса, выполняемых функций, тенденций демографической динамики.

Выбор хронологического периода обусловлен репрезентативностью статистических данных и охваты-вает практически 125-летний промежуток времени: от первой Всероссийской переписи населения 1897 года [19] до последней на данный момент Всероссийской переписи населения 2021 года [13]. Анализировались материалы Всесоюзной переписи населения 1926 г., поскольку перепись 1897 г. учитывала только официальные города, «имевшие городское управление», а населенные пункты «с очень развитой промышленной деятельностью» по-пали в число сельских [5].

В 1920 г. эти неточности были исправлены, и к числу городских стали относить поселки городского типа с «преобладанием неземледельческого населения»: фабрично-заводские, поселки при железнодорожных стан-циях и пароходных пристанях, дачные, с численностью не менее 500 душ и преобладанием неземледельческого населения, торгово-промышленные сёла людностью не менее 1000 душ (в 2023 г. ценз поднят до 2000 душ). Перепись 1926 г. учитывала в качестве городского население территорий горсоветов; население пригородов, свя-занных с городами сплошной застройкой, но официально числящихся сельскими; население поселков городского типа, «не причисленных к городским, но удовлетворяющих цензу городских поселений, принятому до пере-писи» [5].

Этот небольшой экскурс важен для понимания эволюции представлений о городских поселениях и от-крывает возможность для понимания современной ситуации с городами, часть из которых не отвечает критериям, принятым для населенных мест, официально носящих этот статус.

Для оценки степени влияния, взаимосвязи и зависимости отдельных критериев на истинность города использовалась база данных показателей муниципальных образований [1], составлена матрица, на основе кото-рой рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. Проанализирована современная структура занятости населе-ния в городах согласно общероссийскому классификатору видов экономической деятельности.

Проведена группировка городов Центрального Черноземья по сопоставимым показателям численности населения и торгово-промышленного оборота согласно данным переписи 1897 и 2021 гг. Сравнительный анализ полученных результатов помог выявить города, повысившие, понизившие или не изменившие ранг за исследуе-мый период.

Проведено геоинформационное картографическое моделирование городского расселения Центрального Черноземья, позволившее осуществить анализ трансформации городов разных типов за период, прошедший от 1897 до 2021 г.

Результаты исследования и обсуждение

Критерии истинности города, если принять за аксиому, что они существуют, находятся в постоянной трансформации, обусловленной техническим прогрессом и политикой на выравнивание различий между городом и деревней. Г.М. Лаппо с присущей ему тщательностью описал устойчивость сельских черт урбанизации [18], подчеркнув *деревенское происхождение* многих городов, поглощение городами сёл и включение их в городскую черту, наличие частной застройки с приусадебными участками, владение сельскохозяйственными землями.

Учёт специфичности городского расселения при определении истинности города особенно актуален для в целом аграрного Центрального Черноземья. Города, возникшие и развившиеся на плодородных почвах, более, чем какие-либо иные, выросли «из деревенской грибницы» (М. Осоргин) [цит. по 18], причём грибница эта раз-рослась, вовлекая в деревенские занятия горожан всех поколений. Жители Черноземья более других причастны к сельскохозяйственной деятельности посредством, например, дачных участков, используемых для выращивания урожая, «домиков в деревне» своих ближайших родственников, ныне здравствующих и давно ушедших, наличия сельских агломераций и городов-сёл.

В ряде случаев города Центрального Черноземья уверенно «шагают» в сельскую местность и в прямом, и в переносном смысле. Они территориально расширяются за счёт сельской местности в результате администра-тивно-территориальных преобразований. Отмечена тенденция последних лет, когда городские жители выбирают в качестве основной занятости работу в пригородных агрохолдингах. Наблюдается также рурализация посред-ством пространственного «расползания» городов и разрастания коттеджных посёлков, официально не принадле-жащих сельской местности, но имеющих более тесную связь с природной средой.

Возникнув как потенциально городские, многие из поселений Центрального Черноземья развивались в условиях аграрного окружения, преимущественно сельскохозяйственного, что наложило отпечаток на их специ-ализацию, динамику численности и образ жизни населения. В Центральном Черноземье сложилась система го-родского расселения, в значительной степени ориентированная на города «сельской закваски», что проявилось в высокой доле городов-сёл – населённых пунктов с невысокой численностью населения, отсутствием крупных промышленных предприятий, полугородским, часто сельским жизненным укладом.

Заслуживает отдельного внимания цитата, отражающая региональную специфику. Приведём её полностью: «Интересно, что в Грайворонском и соседних частях Суджанского и Обоянского уездов Курской губ. наблюдается много административных пунктов и будущих городов, но ... нет ни одного настоящего экономического города: очевидно, здесь стремление к истинной городской жизни разменялось по мелочам. Это тем более бросается в глаза, что в общем в Центральной части Долинно-овражного подтипа заселения жизнь распределила истинные городские центры и кандидатов на них довольно равномерно по территории» [24]. Эта тема остаётся актуальной до сих пор: «размен по мелочам» существенно усложняет процессы урбанизации, основанные на концентрации населения.

В научном литературно-географическом наследии В.П. Семёнова-Тян-Шанского [24] детально обсуждается вопрос об истинности города, поскольку только настоящий, реальный, подлинный город в наивысшей степени может выполнять обязанности опорного центра.

Последовательно анализируя разные показатели, характеризующие критерии истинности, В.П. Семёнов-Тян-Шанский доказывает, что для России, лежащей, по утверждению А.И. Воейкова, на перепутье из «городской Европы в сельскую Азию» [цит. по 24], ни один из них, взятый без связи с другими, не может очевидно свидетельствовать об истинности города. Численность населения, характер жилых строений, средняя людность жилого дома, благоустройство города, которое отражено в наличии искусственного освещения, обороты местных городских ярмарок и базаров, сведения о постоянной торговле, о культурных учреждениях: образовательных, религиозных, благотворительных, больничных, а также полиграфических; наличие полиции, тюрьмы, средств сообщения, «хронически настолько отстают от потребностей жизни», что не могут служить основаниями для определения истинности.

В.П. Семёнов-Тян-Шанский на примере целого комплекса показателей аргументированно обозначил отсутствие чётких границ между городом, особенно малым, и деревней. Он отметил, что из 35 анализируемых показателей только 5 могут быть в той или иной степени использованы для определения критериев истинности, а надёжными для российских городов были признаны только 2 признака: людность и процент населения, занятого несельскохозяйственной деятельностью «в связи с бойкостью его торгово-промышленного оборота, исчисленного на 1 его жителя» [24]. Именно эти признаки были положены в основание определения понятия советского и российского города [25].

Анализ литературных источников выявил калейдоскопичность критериев, в разные временные периоды характеризующих истинность города, поэтому необходима их строгая привязка к конкретным историческим и социально-экономическим условиям.

Первым полноценным исследованием истинности городов можно считать работу В.П. Семёнова-Тян-Шанского «Город и деревня ...» [24]. Но в ней учёный ставит под сомнение принятую в то время классификацию признаков городских поселений. Он делает вывод о том, что лишь людность и долю населения, занятого вне сельского хозяйства, можно считать корректными для того, чтобы оценить городской характер поселения, что довольно длительное время рассматривалось в качестве определяющих критериев. В.П. Семёнов-Тян-Шанский считал, что в истинном городе должна быть численность населения не менее 1 тысячи человек и торгово-промышленный оборот не менее 100 тысяч рублей. При этом он разделил всю совокупность населённых пунктов, отвечающих этим критериям, на официальные, истинные и будущие города.

Для получения представления о поселениях, которые разные авторы в то или иное время относили к числу городских, рассмотрим нижнюю границу города по ключевым для данной работы источникам. Для южного чернозёмного (долинного) типа заселения, а именно к такому В.П. Семёнов-Тян-Шанский относил территорию современного Центрального Черноземья, в качестве городских «без особой погрешности» [24] могут быть взяты только пункты от 3 тыс. и выше. А.И. Воейков, отмечая проблемы корректности статистики, писал о том, что «Спуститься ниже населённых мест в 20 тыс. было нежелательно ещё и потому, что тогда в разряд городского попала бы и часть сельского» [24].

Подробный критический анализ показателей истинного города находим в монографическом сборнике, написанном учёными Института географии РАН в начале XXI века [8], в котором, с одной стороны, отражены новые концепции и взгляды, сложившиеся в географии расселения, а с другой стороны, проведён сравнительный мониторинг трансформации городских поселений: административных, истинных, будущих городов с точки зрения представлений о городе в конце XIX и в начале XXI вв. Оценочные суждения авторов подводят некоторый итог вековой эволюции российской урбанизации, помогают систематизировать представления о произошедших переменах [8].

Критика В.П. Семёнова-Тян-Шанского работы «Города России в 1904 г.», изданной Центральным статистическим комитетом, основывается на сомнительности статистического материала, касающегося причисления населённого пункта к городу, перемешивании главных и второстепенных показателей, группировке без географической привязки. Как следствие, учёный отрицает научную ценность данной работы [24]. Анализ материалов последующих переписей населения (1920, 1923, 1926) позволяет с высокой долей вероятности предположить, что замечания В.П. Семёнова-Тян-Шанского [24] были учтены и стали основанием для причисления к городским поселений фабрично-заводской, торгово-промышленной, транспортной специализации.

Следуя информации из книги В.П. Семёнова-Тян-Шанского, подтвердим сохранившуюся до настоящего времени «шаткость» оснований, на которых построены официальные термины «город» и «деревня», особенно когда речь идёт об изменении статуса населённого пункта «одним росчерком пера» [24]. Отметим, что попытка использовать аналогичные показатели для современных городов наталкивается на те же проблемы: из 52 городов Центрального Черноземья только половина отражена в муниципальной статистике.

Статус города. Специфика исследуемых вопросов потребовала обращения к нормативно-правовым актам федерального [25] и регионального уровня [7–11], ещё раз подтвердившим «шаткость оснований» [24], на которых построены официальные критерии города и тогда, и теперь.

Законодательство субъектов РФ об административно-территориальном устройстве опирается на Указ Президиума ВС РСФСР, в котором «к категории городов республиканского, краевого и областного подчинения могут быть отнесены населенные пункты, являющиеся экономическими и культурными центрами, имеющие развитую промышленность, с численностью населения свыше 50 тыс. чел.». Однако к таким городам «могут быть отнесены населенные пункты с численностью населения и менее 50 тыс.чел., имеющие важное промышленное, социально-культурное и историческое значение, перспективу дальнейшего экономического развития и роста численности населения» [25].

Официальные документы допускают достаточно широкую трактовку статуса города (численность, характер занятости населения, хозяйственное, социально-культурное и историческое значение, влияние на социально-экономическое развитие окружающих территорий). Немаловажен учёт перспективы дальнейшего экономического развития и роста численности населения. Город должен представлять собой промышленный или культурный центр, в котором трудоспособное население преимущественно занято в промышленности, торговле, науке, управлении, в сфере финансов, обладать застройкой в основном городского типа, развитой социально-бытовой и коммунальной инфраструктурой [25].

Как эти основные принципы реализованы в Центральном Черноземье. По нормативно-правовым документам [7–11] выявлена определённая степень сходства, но есть и различия.

В Белгородской области город должен иметь «важное промышленное, социально-культурное и историческое значение, перспективу дальнейшего экономического развития и роста численности населения и численность более 50 тысяч человек» [7]. Согласно этому закону, городами являются Белгород, Старый Оскол и Губкин. Даже города областного значения Шебекино, Алексеевка, Валуйки незаконно занимают это место, не говоря уже о Строителе, Новом Осколе, Бирюче, Грайвороне, Короче.

Закон Воронежской области считает городами населённые пункты, в которых «находятся промышленные предприятия, железнодорожные узлы и другие объекты производственной инфраструктуры с численностью населения не менее 8 тысяч человек, в отдельных случаях к категории города могут быть отнесены населенные пункты с численностью населения менее 8 тысяч человек, имеющие перспективу дальнейшего экономического и социального развития и (или) роста численности населения [8]. Согласно описанным критериям, только Новохопёрск не соответствует законным основаниям.

Наиболее «расплывчатый» закон в Курской области, который разделяет критерии городов областного (50 тысяч человек) и районного значения (12 тысяч человек). Законные города областного значения – Курск и Железнодорожный; районного – Рыльский и Обоянь. Немного меняют ситуацию исключения: в принципе, возможно и отклонение от данных критериев численности, если город имеет «важное промышленное, социально-культурное и историческое значение, перспективу дальнейшего экономического развития и роста численности населения с численностью населения и менее 50 тысяч человек, из которых рабочие, служащие и члены их семей составляют не менее 85 процентов» [9].

Аналогично и для городов районного значения допускается численность населения «менее 12 тысяч человек, из которых рабочие, служащие и члены их семей составляют не менее 85 процентов, имеющие важное промышленное, социально-культурное и историческое значение, перспективу дальнейшего социально-экономического развития и роста численности населения» [9].

Закон Липецкой области не отсылает к критериям, а только констатирует наличие городов областного подчинения: Липецка и Ельца; городов районного подчинения: Грязей, Данкова, Задонска, Лебедяни, Усмани, Чаплыгина [10]. При этом Липецк и Елец самые крупные города области, а вот города районного значения очень разные: от почти 50-тысячных Грязей до 10-тысячного Задонска.

В Тамбовской области город областного значения – «экономический и культурный центр, имеющий развитую промышленность, с численностью населения свыше 30 тысяч человек». В отдельных случаях – и менее 30 тыс. чел., но тогда это город, имеющий важное промышленное, социально-культурное и историческое значение, перспективу дальнейшего экономического развития и роста численности населения [11].

Город окружного значения (обычно характерен для округов, например Ямало-Ненецкого), именно так он обозначен в Законе Тамбовской области, «является промышленным и культурным центром, с численностью населения не менее 10 тысяч человек, из которых не более 15 процентов граждане, занимающиеся сельскохозяйственным производством, и несовершеннолетние члены их семей» [11].

Согласно этому нормативному акту, областные города в Тамбовской области – Тамбов, Мичуринск, Рассказово, Моршанск, Котовск (до 2018 г., после этого года город теряет численность населения). Города окружного значения – все остальные: Уварово, Кирсанов, Жердевка.

Следовательно, можно констатировать довольно свободное толкование критериев отнесения населённого пункта к городу в разных субъектах Центрального Черноземья, что усложняет как процедуру сравнения, например доли городского населения, так и позволяет считать городом населённые пункты, фактически таковыми не являющиеся.

Изменение численности. Начнем с обобщающего, интегрального показателя численности населения, отражающего суть происходящих процессов и в наиболее общем виде свидетельствующего об урбанизационном состоянии. Более чем вековая динамика (125 лет) показала, что самый интенсивный рост наблюдается у крупной железнодорожной станции Грязи (27 раз) и ее сюзерена Липецка (вырос в 24 раза). Существенный рост показали Белгород, Старый Оскол и Воронеж (в 13–18 раз). Фактически неизменной осталась людность Фатежа, Задонска, Обояни, Новохопёрска, а в Дмитриеве, Грайвороне, Чаплыгине, Бирюче, Судже и Короче численность населения уменьшилась.

Отметим изменение роли и места областных центров Черноземья. Все города, кроме Липецка, ухудшили свои позиции, переместившись на более низкий уровень в рейтинге численности (табл. 1).

В начале исследуемого периода, до 1926 г., наиболее существенный рост показывают города с населением более 50 тыс. чел. (Воронеж, Курск, Тамбов), темпы ежегодного прироста составляют около 3,5 %. С того же времени хороший потенциал роста набирает Воронеж и не снижает его фактически все последующие 100 лет. Город преодолел миллионный рубеж в 2013 г., но с 2020 г. наблюдается небольшое снижение численности населения.

Таблица 1

Table 1

Численность и место в рейтинге областных центров
The number of population and the ranking position of regional centers

№ по переписи 1897	2021	Город	Население (тыс. чел.)		Динамика
			1897	2021	
10	14	Воронеж	84146	1048738	12,5
71	40	Липецк	20323	496447	24,4
11	45	Курск	52896	447 387	8,5
55	59	Белгород	21850	391804	17,9
29	78	Тамбов	48134	287407	6,0

В первой половине 30-х гг. XX в. в Липецке заработал металлургический завод, что сразу же отразилось на росте численности населения, а в середине 50-х гг. XX в., когда к промышленной функции прибавилась ещё и административная, Липецк начал стремительный рост вплоть до начала XXI в., который замедлился на отметке, превышающей 500-тысячный рубеж, очевидно, исчерпав ресурсы роста (521,6 тыс. в 1999 г.).

До 90-х гг. в tandem с Липецком увеличивал численность населения и Курск, в 70-е годы от них немного отстал Тамбов, но настойчиво продолжался рост Белгорода. Максимальной численности население Тамбова достигло в 1997 г. (318 тыс. чел.), Белгорода и Курска – в 2020 г. (391 и 453 тыс. чел. соответственно) (рис. 1).

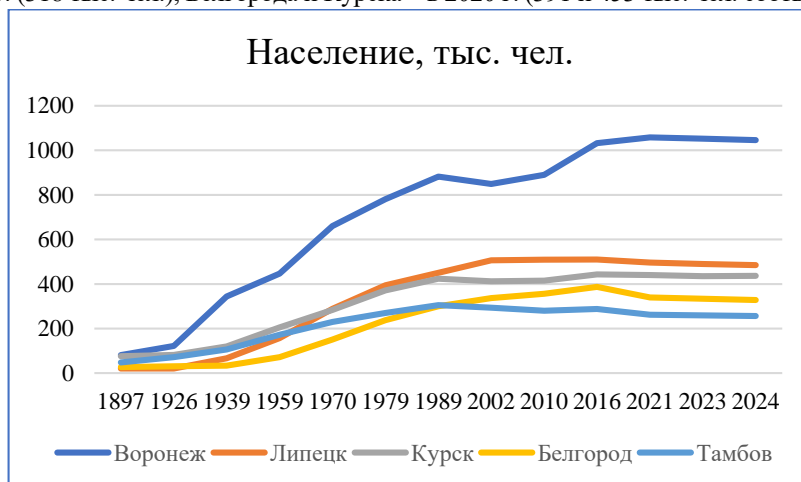


Рис. 1. Динамика численности населения (1897–2024 гг.)

Fig. 1. Population dynamics (1897–2024)

Из областных центров только три – Воронеж, Курск и Тамбов – сохранили своё преимущество в людности, начиная с 1897 г., и значительно позже (в 1954 г.) к ним присоединились назначенные административными центрами областей Белгород и Липецк. Липецк своим возвышением обязан «рудной горячке», охватившей Черноземье в конце XIX в., и «пролетарскому» происхождению, пройдя по карьерной лестнице от слободы Липские Заводы, уездного города Тамбовского наместничества, до второго в регионе города по численности населения, центра агломерации, базирующейся на металлургии полного цикла, отодвинувшего от административного пирога «вальяжный» Елец. Белгород, слу-

жака в отставке, как исторически главный город на Белгородской черте возвысился до областного центра благодаря известности, которая в основном зиждется на бывших военных заслугах. Если переводить на рейтинг в табели о рангах – это штабс-капитан. У него есть конкурент, а именно Старый Оскол – электрометаллургический город, который, следуя нашим ассоциативным представлениям, можно назвать «специалистом по тыловому обеспечению (интендант)».

Отметим, что по совокупности показателей, обеспеченных комплексом факторов, в том числе административных, наиболее устойчивыми оказались самые людные города Центрального Черноземья: Воронеж, Курск и Тамбов. У них нет конкурентов в регионе. Наиболее урбанистически однородной является Тамбовская область, её самые малонаселенные города укладываются в требования к городским поселениям и составляют более 12 тыс. чел.

Торгово-промышленный оборот. Второй критерий, по которому оценивалась истинность города, у В.П. Семёнова-Тян-Шанского определялся как бойкость торгово-промышленного оборота в расчёте на 1 жителя. По состоянию на 2021 г. приняты во внимание статистические показатели: отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг на душу населения, оборот торговли на душу населения. Кроме этого, использовался показатель доли занятых несельскохозяйственной деятельностью.

Корреляционный анализ подтвердил тезис о том, что людность поселения в наилучшей степени коррелирует с показателями реального города по объёму отгруженных товаров собственного производства (0,56); обороту розничной торговли (0,71); обороту общественного питания (0,95); объёму платных услуг населению (0,98). Вопреки ожиданиям и сложившимся стереотипам плотность населения для чернозёмных городов не является значимым фактором, определяющим истинность города (коэффициент корреляции – 0,43).

На основе корреляционного анализа системы статистических показателей предложены современные критерии истинного города, связанные с занятостью в сфере информации и связи (0,95), государственного управления (0,87), образования (0,86), финансов, здравоохранения (по 0,76). Достаточно высок уровень корреляции занятых в сфере обрабатывающей промышленности (0,72) и добывающих производств (0,64). В современном обществе критерии истинности города, как и следовало ожидать, переместились в сферу услуг.

Таким образом, мы вплотную подошли к определению тех показателей, которые формировали в прошлом и формируют нынешнее представление об истинном (настоящем, реальном, подлинном) городе.

С учётом этих обстоятельств мы «примерили» данные показатели на современный город. Оказалось, что при средней людности около 82 тысяч жителей (у СТШ – 16,5 тысяч), самый маленький город Черноземья имеет менее 5 тыс. (Суджа), а самый крупный – более 1 млн (Воронеж). При этом разница в численности составляет 200 раз.

Отметим, что в современном Центральном Черноземье подтверждаются тезисы о критической массе людей, обеспечивающей разнообразие функций и «способности поселений к городскому саморазвитию» [6].

Анализ структуры занятости населения чернозёмных городов показал высокий уровень корреляции между численностью населения и долей занятых несельскохозяйственной деятельностью. Она составляет от 90 до 99 % во всех городах, кроме некоторых малых (Грайворон, Новый Оскол, Шебекино), из тех, по которым опубликована официальная статистическая информация (19 из 52 городов).

Исходя из вышеизложенного, в работе предпринята попытка сравнительного анализа системы городского расселения в 1897 и 2021 гг. Предварительно ознакомимся с населёнными пунктами, которые В.П. Семёнов-Тян-Шанский считал истинными городами, настоящими и будущими. Автор делит города на официальные, менее половины из которых считает истинными; экономические города, которых он нашел в 1,5 раза больше, чем официальных, т.к. «официальная регистрация сильно отстала от жизни» и не улавливает менее половины всех истинных городов [24, с. 76–77], а 30% официальных городов не соответствует экономическим признакам города. Достаточно много внимания учёный уделяет будущим городам, к которым он относит и перспективные, с точки зрения современных автору представлений, сельские поселения.

Не все «истинные города» по В.П. Семёнову-Тян-Шанскому официально носили статус города. Рассказово, Уварово были сёлами; Алексеевка – слободой, а Грязи были посёлком при одноимённой железнодорожной станции. Абсолютное большинство «истинных городов» официально носили статус уездных городов, а Новый Оскол был заштатным городом. Губернскими городами в 1897 г. являлись Воронеж, Курск и Тамбов.

Картографическая визуализация демонстрирует разнообразие поселений по их статусу и равномерность их распределения по территории современного Центрального Черноземья. Расселенческий рисунок, по определению В.П. Семёнова-Тян-Шанского, представлен ограниченным числом центральных городов, достаточно густой равномерной сетью уездных городов, дополняющей её сетью сёл; отдельно обозначены город, посёлок при железнодорожной станции и слобода (рис. 2).

По численности населения В.П. Семёнов-Тян-Шанский выделял четыре группы населённых пунктов: крупные города, средние города, малые города и городки. В нашем исследовании для удобства две последние группы были объединены в малые города. На момент первой переписи населения 1897 г. крупных городов в Центральном Черноземье было пять: Воронеж, Курск, Елец, Тамбов и Мичуринск (тогда Козлов).

По торгово-промышленной бойкости практически все города оказались с низкой «бойкостью». Исключениями стали имеющие высокую «бойкость» Кирсанов и Старый Оскол, а также Воронеж, Грязи, Борисоглебск со средним торгово-промышленным оборотом.

Экономическая, социальная и политическая география

Оломский А.А., Попкова Л.И.

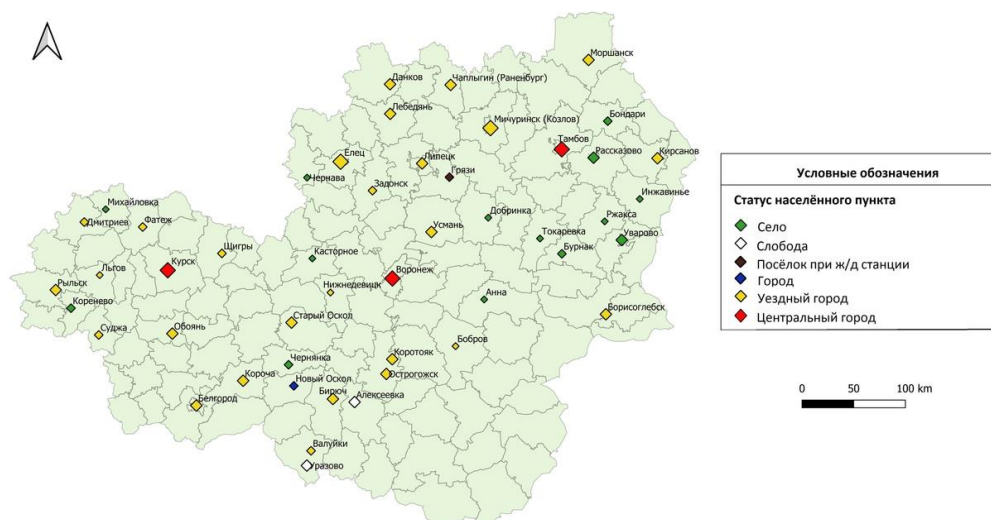


Рис. 2. Истинные города в 1897 г. [Составлено по: 24]

Fig. 2. True cities in 1897 [Compiled according to: 24]

На основании данных исследования В.П. Семёнова-Тян-Шанского об истинности городов была разработана авторская группировка. Она была составлена по совокупности двух факторов – людности и экономическому потенциалу, за основу которого была взят торгово-промышленный оборот.

Для удобства сравнения все города были разделены на три группы по людности. Критерии отнесения к определенной группе в силу понятных причин за период исследования изменились, поэтому для каждого показателя были рассчитаны средние значения, а затем, исходя из их величины, города были отнесены к большому, среднему и малому. В начале XX в. в Центральном Черноземье большим считаем город с численностью населения более 40 тыс. чел.; средним – от 10 до 40 тыс.; малым – менее 10 тыс. при средней величине города в 19,5 тыс. чел. Диапазоны большого города для 2021 г. включали в себя более 100 тыс.; среднего – от 50 до 100 тыс.; малого – менее 50 тыс. при средней численности в 152,4 тыс. чел. В целом по Черноземью средняя людность города увеличилась почти в 13 раз.

Аналогично были приведены к одному знаменателю показатели торгово-промышленного оборота (ТПО). В начале XX в. высокий оборот составил более 300 тыс. руб. на душу населения; средний – от 150 до 300 тыс.; низкий – менее 150 тыс. на душу населения при средней величине ТПО около 250 тыс. руб. на душу населения. В 2021 г. высокий оборот составил более 1 млн руб. на душу населения; средний – от 500 тыс. до 1 млн; низкий – менее 500 тыс. на душу населения при средней величине около 975 тыс. руб. на душу населения. Рост составил почти 6,5 раз.

Исходя из этих вводных, были составлены матрицы, заполнение которых позволило распределить города по 9 группам: большой город с высоким, средним и низким оборотом; средний город с высоким, средним и низким оборотом; малый город с высоким, средним и низким оборотом. В начале XX в. таких групп оказалось 8 (нет большого города с низким оборотом); в 2021 г. представлены все 9 групп.

По состоянию на 1897 г. в большинстве городов в структуре ТПО преобладает торговля. Только средний город Рассказово и малый город Грязи характеризуются значительной долей промышленности. Примерно пополам распределились торговля и промышленность в средней по людности Алексеевке. Около трети ТПО приходится на промышленность в больших городах Тамбове и Ельце, средних Моршанске и Острогожске. Минимально (менее 10 %) развита промышленность во многих средних городах: Раненбурге, Лебедяни, Обояни, Рыльске, Короче, Кирсанове, Данкове; малых – Новом Осколе, Задонске, Щиграх.

Наряду с ожидаемо высоким оборотом больших городов, часть из них показали средний ТПО, но в эту группу вошло несколько средних и малых городов как с высокой долей промышленности в структуре ТПО (средний город Рассказово – 78 % и малый город Грязи – 71 %), так и преимущественно торговые (большие по людности Воронеж и Елец, средний Борисоглебск и малый Кирсанов). Самой представительной оказалась группа городов со средним ТПО в силу их большего количества в 1897 г. В эту группу вошли преимущественно торговые административные центры Курск и Тамбов, средние города по списку. Достаточно обширна группа городов с низким ТПО, в т.ч. наполовину (51 %) торговая Алексеевка (табл. 2).

В целом по состоянию на 1897 г. наблюдаются важные для нашего исследования положения:

- города выполняют преимущественно торговые функции;
- людность не является фактором, ограничивающим или способствующим «бойкости» ТПО;
- нет ни одного большого города с низким ТПО;
- преобладают средние города по людности, и среди них наибольшее число имеет низкий ТПО.

Экономическая, социальная и политическая география
Оломский А.А., Попкова Л.И.

Таблица 2

Table 2

Группировка городов, 1897 г.

Grouping of cities, 1897

Людность	Торгово-промышленный оборот		
	высокий	средний	низкий
Большой	Воронеж, Елец, Козлов	Курск, Тамбов	—
Средний	Борисоглебск, Рассказово	Белгород, Моршанск, Острогожск, Липецк, Старый Оскол, Усмань	Раненбург, Алексеевка, Лебедянь, Обоянь, Рыльск, Уварово, Короча
Малый	Грязи, Кирсанов	Фатеж, Суджа, Валуйки, Дмитриев, Щигры, Льгов, Данков	Новый Оскол, Задонск

В 1897 году географический рисунок городской сети определялся главным треугольником Воронеж-Елец-Козлов и расположенными внутри менее крупными городами с разным по величине торгово-промышленным оборотом. Еще одна триада более низкого ранга – Белгород-Старый Оскол-Острогожск – сформировалась к юго-западу от главной. Отдельный ареал образует Курск с россыпью средних как по людности, так и по экономическому потенциалу городов.

Торгово-промышленная жизнь Центрального Черноземья в конце XIX – начале XX вв. сосредотачивалась к западу от условной линии Моршанск-Рассказово-Воронеж-Острогожск-Алексеевка-Валуйки. Заметна экономическая активность на восточных границах Тамбовской губернии (Кирсанов, Уварово, Борисоглебск). Межгубернские пространства, не насыщенные городами, включают восточную и юго-восточную части Воронежской губернии (Бобровский, Новохопёрский, Острогожский, Павловский, Богучарский уезды) (рис. 3).

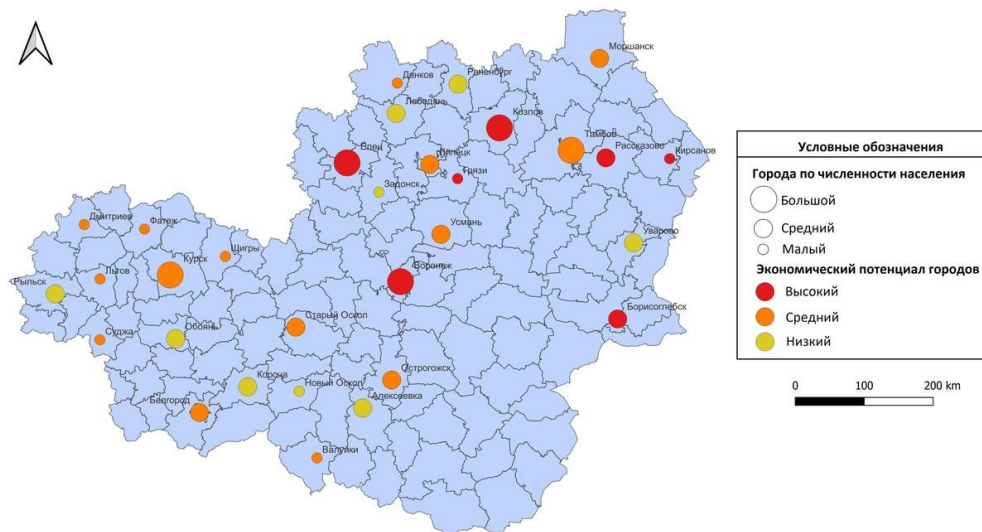


Рис. 3. Города Центрального Черноземья в 1897 г.

Fig. 3. Cities of the Central Chernozem region in 1897

В 2021 году ситуация изменилась. Теперь в структуре ТПО в целом во всех чернозёмных городах преобладает и одинаково высока доля промышленности (более 90 %). Только в Белгороде (76 %) и двух городских округах (Валуйский и Грайворонский) доля промышленности составляет 89 и 84 % соответственно.

Нишу с высоким ТПО заняли города, которые определяют промышленный профиль региона: металлургический, атомный электроэнергетический, пищевой (масложировой). Все они, независимо от людности, концентрируются в группах с высоким ТПО. Административные центры областей (кроме Липецка) уступают промышленным лидерам по величине ТПО: Белгород характеризуется средним оборотом, Тамбов, Воронеж и Курск – низким. В городах со средним ТПО развита преимущественно пищевая промышленность, в Шебекино – химическая и пищевая. Высока доля городов с низким ТПО. В эту группу, не считая многонаселённых областных центров, входят средние многоотраслевые города и очень пёстрые по промышленной специализации малые города Центрального Черноземья (табл. 3).

В 2021 году прослеживаются тенденции:

- повсеместного «опромышленивания» чернозёмных городов как за счёт создания молодых городов с новыми для региона отраслями (Губкин, Железнодорожск, Строитель, Курчатов, Нововоронеж и др.), так и наращивания индустриального потенциала имеющихся (Старый Оскол, Липецк, Алексеевка и др.);

Экономическая, социальная и политическая география

Оломский А.А., Попкова Л.И.

- средние и особенно малые города поддерживают ТПО за счет промышленности, перерабатывающей сельскохозяйственное сырье;
- половина из городов, по которым опубликована статистика, обладают низким уровнем ТПО;
- города распределяются по выявленным группам более-менее равномерно;
- три из пяти областных центров, сохранивших на протяжении исследуемого периода высокие позиции в людности, вошли в группу с низким ТПО, а два оставшихся повысили ранг – Белгород до среднего, Липецк до высокого ТПО.

Таблица 3

Table 3

Группировка городов, 2021 г.

Grouping of cities, 2021

Людность	Торгово-промышленный оборот		
	высокий	средний	низкий
Большой	Губкинский ¹ , Старо-оскольский ¹ , Липецк	Белгород	Тамбов, Воронеж, Курск
Средний	Железнодорожск, Алексеевский ¹ , Яковлевский ¹	Валуйский ¹ , Шебекинский ¹	Борисоглебский ¹ , Елец, Мичуринск
Малый	Нововоронеж, Курчатова	Новооскольский ¹ , Кирсанов, Льгов	Моршанск, Рассказово, Грайворонский ¹ , Уварово, Котовск, Щигры

¹ Городские округа¹ Urban districts

Усиление территориальной концентрации городских поселений наблюдается в регионе по состоянию на 2021 г. Формируются территориально сближенные ареалы сосредоточения металлургического производства с центром в Старом Осколе; значительный промышленный потенциал набрал Липецк, возникают новые железорудные города Железнодорожск и Губкин. Сложилась цепочка городов в окружении Белгорода (Строитель и Шебекино). Появляются атомные города Нововоронеж и Курчатова. На базе масложировой промышленности растёт Алексеевка. В целом экономическая жизнь Центрального Черноземья сфокусирована в Белгородской области.

Теряют экономический потенциал областные центры. К востоку от Липецка нет ни одного города с крупным ТПО. В этой части региона все города, кроме Кирсанова, обладают низким экономическим потенциалом.

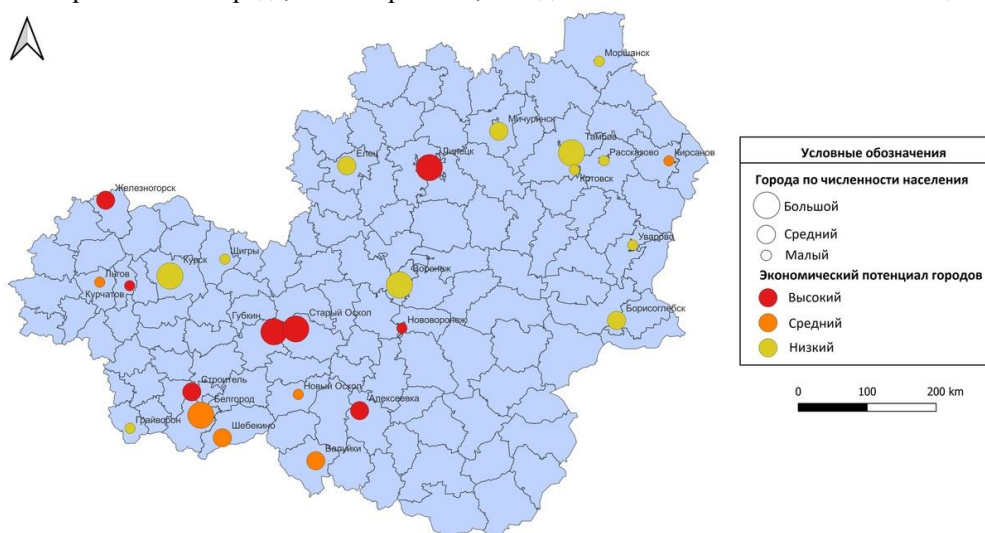


Рис. 4. Города Центрального Черноземья в 2021 г.

Fig. 4. Cities of the Central Chernozem region in 2021

Если выстроить рейтинг из городов, входящих в сходные группы в 1897 и 2021 гг., то окажется, что все города, кроме Льгова, изменили свой ранг. Часть из них (6) повысили его, часть (11) – понизили.

Анализ ранговых групп свидетельствует о смене приоритетов. На высших позициях места Воронежа, Ельца и Козлова заняли металлургические гиганты. Незначительно переменили позиции областные центры: Курск и Тамбов уступили место Белгороду. Третью позицию заняли сверженные Тамбов, Воронеж и Курск. На втором и третьем «этажах» рейтинга наблюдаются хаотичные перестановки – на место старых фаворитов пришли новые.

Экономическая, социальная и политическая география
Оломский А.А., Попкова Л.И.

Наибольшие потери рейтинга характерны для Ельца, Мичуринска, Рассказово, Моршанска (на 4–5 позиций). Это обусловлено их первоначально высоким рейтингом, который впоследствии не был поддержан административным ресурсом. Наименьшие потери у административных центров Воронежа, Курска, Тамбова; рядовых Кирсанова и Щигров (–1 позиция). Максимальные приобретения у Липецка и Старого Оскола, так как они поднялись на 4 позиции; минимальные – у Нового Оскола (на 1 позицию).

Трансформация узловых элементов опорного каркаса расселения Центрального Черноземья за 125-летний период свидетельствует о сохранении ведущих позиций областными административными центрами, три из которых сохранили ведущие позиции, два – завоевали и были поддержаны административной (Белгород), металлургической и административной (Липецк) функцией. Эти пять городов остаются на верхних этажах городской иерархии.

Ельцу и Мичуринску, вторым городам в своих субъектах, не удалось закрепиться на завоеванных высотах, и они уступили ведущие позиции Губкину и Старому Осколу.

Таким образом, к настоящему времени узловыми элементами опорного каркаса расселения Центрального Черноземья выступают шесть крупных центров: Воронеж, Липецк, Курск, Белгород, Тамбов, Старый Оскол. Они разные по возрасту, генезису, экономическому профилю, но на протяжении длительного времени смогли сохранить и закрепить своё первенство.

Выводы

Эволюция городского расселения за период с 1897 по 2021 г. выявила высокую степень консервативности Центрального Черноземья, связанную как с традиционно низкой восприимчивостью к инновациям систем расселения в целом, так и с рутинностью региональных городов. Несмотря на то, что за это время в Черноземье появилось 19 новых городов, только один из них приблизился к 100-тысячному рубежу численности (Железнодорожный). Из этого следует, что урбанизационный потенциал Центрального Черноземья в значительной степени исчерпан.

Динамика новых городов с момента присвоения статуса и до настоящего времени зависела от размера и производственной мощности, запросов общества на продукцию промышленных предприятий. Так, ориентация на железорудный комплекс привела к существенному росту численности (в 4–5 раз), узловые железнодорожные станции способствовали росту в 2–3 раза, хотя есть исключения (Поворино); города с крупными предприятиями пищевой промышленности либо с диверсифицированной многоотраслевой экономикой удвоили численность. Незначительно растут, а иногда и теряют население атомные города.

Выявленные различия позволили выстроить иерархию городов по их роли в территориальной организации региона. Основными узловыми элементами опорного каркаса расселения, наиболее устойчивыми к переменам, оказались города с высоким потенциалом людности на протяжении всего более чем векового периода. Три (Воронеж, Курск, Тамбов) из пяти областных центров подтвердили свою жизнеспособность на протяжении всего исследуемого периода. Воронеж, который находился на первом месте в регионе по численности населения в 1897 г., стал в 2013 г. городом-миллионером, неофициально признанной столицей Черноземья. Курск и Тамбов также сохранили свою довольно высокую позицию в табели о рангах, переместившись с 11 на 45 и с 29 на 78 места соответственно.

Впоследствии территориальная структура усилилась еще двумя административными городами – Белгородом и Липецком. Значительный рывок совершил Липецк, переместившись почти на 30 позиций вверх. Белгород откатился с 55 на 59 место в рейтинге. Нарастание промышленного потенциала Старым Осколом, центром Старооскольско-Губкинской агломерации, также позволило добавить этот город к числу каркасообразующих.

Выявлено, что из всех декларируемых в настоящее время критериев истинности города как опорного центра расселенческого каркаса невелико число тех, которые безусловно определяют населенный пункт как город. Промышленный центр не всегда отвечает перспективным критериям, положенным в основание города. Например, такая перспектива не просматривается у атомных городов. Позитивную траекторию показывают железнодорожный узел Грязи, промышленные города Железнодорожный, Шебекино, Губкин, Россошь.

Наименее устойчивыми оказались малые города с небольшой людностью. Они существенно не изменились, законсервировавшись во времени, или снизили численность населения. К числу депопулирующих относятся Жердевка, Дмитриев, Бутурлиновка, Поворино, Грайворон, Чаплыгин, Бирюч, Эртиль, Суджа, Короча. За исключением Бутурлиновки, это города меньше 20 тыс. чел., среди которых 5 имеют менее 10 тыс. чел. каждый.

Трансформационные процессы затронули консервативную систему расселения Центрального Черноземья, но не привели к смене лидеров, лишь слегка расширили круг опорных узлов. В городах с численностью населения более 100 тыс. чел. в настоящее время проживает $\frac{2}{3}$ всего городского населения региона.

В данной статье не учитывались вызовы, связанные с приграничным положением, которые существенно деформировали территориальную структуру в настоящее время и приведут к некоторому перераспределению функций за счет перевода приграничных предприятий в другие регионы Центрального Черноземья.

Экономическая, социальная и политическая география

Оломский А.А., Попкова Л.И.

Библиографический список

1. База данных показателей муниципальных образований. [Электронный ресурс] URL: <https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/> (дата обращения: 01.12.2024).
2. Балабейкина О.А., Файбусович Э.Л. Уровень урбанизированности территории Российской Федерации: региональный разрез // Географический вестник=Geographical bulletin. 2018. № 1(44). С.72–82.
3. Воейков А.И. Людность селений Европейской России и Западной Сибири: [читано в заседании Отд. статистики И. Р. Г. О., в марте 1908 г.] / А. Воейков. СПб.: Тип. М. М. Стасюлевича, 1909. 52 с.
4. Воейков А.И. Распределение населения земли в зависимости от природных условий и деятельности человека [Электронный ресурс] (с 3-мя черт. и 5-ю картограммами) / А.И. Воейков, 1906. 134 с. URL: <https://elibr.rgo.ru/handle/123456789/212158> (дата обращения: 01.12.2024).
5. Всесоюзная перепись населения 17 декабря 1926 г.: краткие сводки / изд. ЦСУ Союза ССР. М., 1927–1929. 10 т. В надзаг.: Центр. статист. упр. СССР. Отд. Переписи. Вып. 3: Население СССР. 1927. [4], 63 с.
6. Город и деревня в Европейской России: сто лет перемен: Монографический сборник. М.: ОГИ, 2001 (Серия ОГИ / Полит.ру). 560 с.
7. Закон Белгородской области от 15.12.2008 N 248 (ред. от 07.11.2017) "Об административно-территориальном устройстве Белгородской области" (с изменениями на 30 марта 2022 года). [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/469024333> (дата обращения: 01.12.2024)
8. Закон Воронежской области от 27.10.2006 N 87-ОЗ (ред. от 06.07.2017) "Об административно-территориальном устройстве Воронежской области и порядке его изменения" (с изменениями на 23 июля 2024 года), (в ред. закона Воронежской области от 23.07.2024) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/802081594> (дата обращения: 01.12.2024).
9. Закон Курской области от 05.12.2005 N 80-ЗКО (ред. от 03.05.2006) "Об административно-территориальном устройстве Курской области" (в редакции законов Курской области от 03.05.2006 N 17-ЗКО, от 11.10.2022 N 98-ЗКО) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/908003367> (дата обращения: 01.12.2024).
10. Закон Липецкой области от 28.04.2010 N 382-ОЗ (ред. от 14.09.2017) "Об административно-территориальном устройстве Липецкой области и порядке его изменения" (в ред. Закона Липецкой области от 10.06.2024 N 496-ОЗ) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/872612997> (дата обращения: 01.12.2024).
11. Закон Тамбовской области от 21.06.1996 N 72-3 (ред. от 03.04.2018) "Об административно-территориальном устройстве Тамбовской области" (в ред. Закона Тамбовской области от 07.10.2024 N 547-З) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/948000324> (дата обращения: 01.12.2024).
12. Зубаревич Н.В. Страна городов: теория и практика российской урбанизации // Стимулы, парадоксы, провалы: Город глазами экономистов. Strelka Press, М., 2015. С. 20–34.
13. Итоги ВПН-2020. Том 1 Численность и размещение населения. Таблица 5. Численность населения России, федеральных округов, субъектов Российской Федерации, городских округов, муниципальных районов, муниципальных округов, городских и сельских поселений, городских населенных пунктов, сельских населенных пунктов с населением 3000 человек и более [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (дата обращения: 01.12.2024)
14. Кучумов И.В. Теория «истинных городов» и процесс урбанизации на Южном Урале // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики, 2015. № 12–2(62). С. 131–133.
15. Ланно Г.М. География городов: Учеб. пособие для геогр.ф-тов вузов, М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 1997. 480 с.
16. Ланно, Г.М. Города России. Взгляд географа. М.: Новый хронограф, 2012. 504 с.
17. Ланно Г.М. Разнообразие городов как фактор успешного пространственного развития России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2019. № 4. С. 3–23.
18. Ланно Г.М. Российский город – симбиоз городского и сельского // Демоскоп Weekly, 2005. № 221–222. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2005/0221/analit06.php> (дата обращения: 01.12.2024)
19. Первая всеобщая перепись населения Российской империи 1897 года / Изд. Центр. Стат. комитетом М-ва вн. дел; под ред. Н. А. Тройницкого. [СПб.], 1897–1905. [Вып. 2]: Население городов по переписи 28-го января 1897 года. 1897. 42 с.
20. Попкова Л.И. Проблемы развития Центрального Черноземья // Вопросы географии. 2016. № 141. С. 381–403.
21. Попкова Л.И. Урбанистическая структура территории Центрального Черноземья // Полимасштабные системы «центр-периферия» в контексте глобализации и регионализации: теория и практика общественно-географических исследований. Материалы международной научной конференции (шестая ежегодная научная Ассамблея АРГО): отв. ред. Воронин И.Н., Дружинин А. Г., 2015. С. 335–340.
22. Попкова Л.И., Оломский А.А. Влияние железных дорог на демографическое развитие малых городов Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2024. № 2. С. 54–62.
23. Попкова Л.И., Оломский А.А. Моделирование каркаса устойчивости городского расселения Центрального Черноземья // Материалы I Белорусского географического конгресса. Материалы конгресса к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества. Минск, 2024. С. 189–193.
24. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Город и деревня в Европейской России: очерк по экономической географии с 16 картами и картограммами. СПб.: Типография В. Ф. Киришаума, 1910. 212 с.
25. Указ Президиума ВС РСФСР «О порядке решения вопросов административно-территориального устройства РСФСР» от 17 августа 1982 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=203439> (дата обращения: 01.12.2024)

Экономическая, социальная и политическая география

Оломский А.А., Попкова Л.И.

26. Фролова Т.А. Понятие «город» в законодательстве субъектов Российской Федерации об административно-территориальном делении // Пролог: журнал о праве. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.prolaw38.ru/ponjatie-gorod-v-zakonodatelstve-subektov-rossijskoj-federacii-ob-administrativno-territorialnom-delenii/> (дата обращения: 01.12.2024)

27. Чугунова Н.В., Полякова Т.А., Морковская Д.Н. Метрополизация «региональных столиц» Центрально-Черноземного района в трансформации размещения населения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2020. № 4. С. 3–13.

28. Чугунова Н.В., Полякова Т.А. Результаты и тренды развития региональной системы расселения в эпоху неолиберальной урбанизации (на материалах Белгородской области) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2019. №2(49). С. 34–45.

References

1. Database of indicators of municipalities. [Electronic resource] URL: <https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/> (date of access: 12/01/2024).

2. Balabeikina O.A., Faybusovich E.L. The level of urbanization of the territory of the Russian Federation: a regional section // Geographical bulletin=Geographical bulletin. 2018. No. 1(44). pp.72-82.

3. Voeikov A.I. The population of the villages of European Russia and Western Siberia: [read in the meeting of the Department. statisticians I. R. G. O., in March 1908] / A. Voeikov. St. Petersburg: M. M. Stasyulevich Printing House, 1909. 52 p.

4. Voeikov A.I. Distribution of the earth's population depending on natural conditions and human activity [Electronic resource] (with 3 features and 5 cartograms) / A.I. Voeikov, 1906. 134 p. Access mode: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/212158> (date of request: 12/01/2024)

5. All-Union population census of December 17, 1926: short summaries / ed. CSU of the USSR. Moscow, 1927-1929. 10 t. In nadzag.: The Center. statistical Department of the USSR. Ed. Censuses. Issue 3: Population of the USSR. 1927. [4], 63 p.

6. City and village in European Russia: one hundred years of change: A monographic collection. Moscow: OGI, 2001 (OGI series / <url>). 560 p.

7. The Law of the Belgorod Region of 12/15/2008 N 248 (as amended on 11/07/2017) "On the administrative-territorial structure of the Belgorod Region" (as amended on March 30, 2022). [electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/469024333> (date of request: 12/01/2024)

8. The Law of the Voronezh Region of 27.10.2006 N 87-OZ (as amended on 06.07.2017) "On the Administrative-territorial structure of the Voronezh Region and the procedure for its amendment" (as amended on July 23, 2024), (as amended the Law of the Voronezh Region dated 07/23/2024). [electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/802081594> (date of request: 12/01/2024).

9. The Law of the Kursk region dated 05.12.2005 N 80-West Kazakhstan region (as amended on 03.05.2006) "On the administrative-territorial structure of the Kursk region" (as amended by the laws of the Kursk region dated 03.05.2006 N 17-West Kazakhstan region, dated 11.10.2022 N 98-West Kazakhstan region) [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/908003367> (date of request: 12/01/2024).

10. The Law of the Lipetsk Region dated 04/28/2010 N 382-OZ (as amended on 09/14/2017) "On the administrative-territorial structure of the Lipetsk Region and the procedure for its amendment" (as amended The Law of the Lipetsk region dated 06/10/2024 N 496-OZ).) [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/872612997> (date of request: 12/01/2024).

11. The Law of the Tambov Region dated 06/21/1996 N 72-Z (as amended on 04/03/2018) "On the Administrative-territorial structure of the Tambov Region" (as amended The Law of the Tambov region dated 07.10.2024 N 547-Z). [electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/948000324> (accessed: 12/01/2024).

12. Zubarevich N.V. The Land of Cities: theory and practice of Russian urbanization // Incentives, paradoxes, failures: The city through the eyes of economists. Strelka Press, Moscow, 2015. pp. 20-34.

13. The results of the VPN2020. Volume 1 Population size and distribution. Table 5. Population of Russia, federal districts, subjects of the Russian Federation, urban districts, municipal districts, municipal districts, urban and rural settlements, urban settlements, rural settlements with a population of 3,000 people or more [Electronic resource]. Access mode: https://rosstat.gov.ru/vpn/2020/Tom1_Chislennost_i_razmeshchenie_naseleniya (date of request: 12/01/2024)

14. Kuchumov I.V. Theory of "true cities" and the process of urbanization in the Southern Urals // Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art criticism. Voprosy teorii i praktiki, 2015. No. 12-2(62). pp. 131-133.

15. Lappo G.M. Geography of cities: A textbook for geographical faculty of universities, Moscow: Humanit. ed. VLADOS Center, 1997. 480s.

16. Lappo, Moscow, Cities Of Russia. A geographer's View. Moscow: Novy chronograf, 2012. 504 p.

17. Lappo G.M. Diversity of cities as a factor of successful spatial development of Russia // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical. 2019. No. 4. pp. 3-23.

18. Lappo G.M. The Russian city is a symbiosis of urban and rural // Demoscope Weekly, 2005. No. 221-222. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.demoscope.ru/weekly/2005/0221/analit06.php> (date of request: 12/01/2024)

19. The first general population census of the Russian Empire in 1897 / Publishing Center. Stat. by the Committee of the Ministry of Internal Affairs; edited by N. A. Troitskiy. [St. Petersburg], 1897-1905. [Issue 2]: The population of cities according to the census of January 28, 1897. 1897. 42 p.

20. Popkova L.I. Problems of development of the Central Chernozem region // Geography issues. 2016. No. 141. pp. 381-403.

21. Popkova L.I. Urban structure of the Central Chernozem region // Multi-scale systems "center-periphery" in the context of globalization and regionalization: theory and practice of socio-geographical research. Proceedings of the International Scientific Conference (Sixth Annual Scientific Assembly of ARGO): ed. Voronin I.N., Druzhinin A. G., 2015. pp. 335-340.

22. Popkova L.I., Olomsky A.A. The influence of railways on the demographic development of small towns in the Central Chernozem region // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2024. No. 2. pp. 54-62.

23. Popkova L.I., Olomsky A.A. Modeling the framework of urban settlement stability in the Central Chernozem region // Materials of the First Belarusian Geographical Congress. Materials of the congress dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of

*Экономическая, социальная и политическая география**Оломский А.А., Попкова Л.И.*

Geography and Geoinformatics of the Belarusian State University and the 70th anniversary of the Belarusian Geographical Society. Minsk, 2024. pp. 189-193.

24. Semenov-Tyan-Shansky V. P. City and village in European Russia: an essay on economic geography with 16 maps and cartograms. St. Petersburg: V. F. Kirshbaum Printing House, 1910. 212 p.

25. Decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the RSFSR "On the procedure for resolving issues of the administrative-territorial structure of the RSFSR" dated August 17, 1982 [Electronic resource]. Access mode: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=203439> (date of access: 12/01/2024)

26. Frolova T.A. The concept of "city" in the legislation of the subjects of the Russian Federation on administrative-territorial division // Prologue: journal of Law. 2016. No. 3. [Electronic resource]. Access mode: (accessed: 12/01/2024)

27. Chugunova N.V., Polyakova T.A., Morkovskaya D.N. The metropolization of the "regional capitals" of the Central Chernozem region in the transformation of population distribution // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2020. No. 4. pp. 3-13.

28. Chugunova N.V., Polyakova T.A. Results and trends in the development of the regional settlement system in the era of neoliberal urbanization (based on the materials of the Belgorod region) // Geographical Bulletin. 2019. No. 2(49). pp. 34-45.

Статья поступила в редакцию: 30.12.24, одобрена после рецензирования: 25.03.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 30 December 2024; approved after review: 25 March 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах**Андрей Александрович Оломский**

аспирант,

Курский государственный университет;

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

e-mail: pfkandres@gmail.com

Information about the authors**Andrey A. Olomsky**

Postgraduate Student,

Kursk State University;

33, Radishcheva st., Kursk, 305004, Russia

Людмила Ивановна Попкова

доктор географических наук, доцент,

Курский государственный университет;

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

e-mail: geopol@mail.ru

Lyudmila I. Popkova

Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor,

Kursk State University;

33, Radishcheva st., Kursk, 305004, Russia

Вклад авторов

Оломский А.А. – сбор и обработка материала, подготовка основной части текста, разработка содержания и оформление карта-схем.

Попкова Л.И. – идея статьи, научное редактирование текста, написание отдельных частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Andrey A. Olomsky – material collection and processing; preparation of the main part of the text; development and design of maps.

Lyudmila I. Popkova – the idea of the article; scientific editing; writing of individual parts of the article.

The authors declare no conflict of interest.

ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556.53

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-81-93

EDN: HVJXDS

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК
БАСЕЙНА СЕВЕРНОЙ ДВИНЫВладимир Алексеевич Лобанов¹, Наталия Ивановна Горошкова², Анастасия Владимировна Стриженок³,
Дарья Артемиевна Семенова⁴¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия^{2,3,4} Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, Россия¹ va_lobanov56@mail.ru, Scopus Author ID: 0009-0007-0094-2865, РИНЦ Author ID: 58204² goroshnat@yandex.ru³ anastasiastrizenok@mail.ru⁴ Darya.dsa@yandex.ru

Аннотация. Основную опасность на реках Северо-Западного Федерального округа, в котором расположен бассейн Северной Двины, представляют мощные заторы льда, высшие уровни которых одновременно являются и максимальными годовыми. Многолетние ряды характеристик ледового режима на исследуемых реках – даты начала, окончания, продолжительность ледостава, максимальная толщина льда, наивысшие уровни воды начала ледостава и периода ледохода – аппроксимируются моделями нестационарного среднего с целью выявления влияния современного изменения климата. Разработана методика оценки эффективности и устойчивости параметров моделей нестационарного среднего. Установлено, что продолжительность ледостава в среднем уменьшилась на 17 дней, дата начала ледостава наблюдается позже на 12 дней, а окончания – раньше на 5 дней. Максимальная толщина льда на реках уменьшилась на 9 см, максимальные уровни ледохода в среднем снизились на 71 см, а уровни начала ледостава практически не изменились. Суммы отрицательных температур зимнего периода как основного фактора, обуславливающего максимальные толщины льда и продолжительность ледостава, на метеостанциях бассейна Северной Двины уменьшились в среднем на 320 °С, или на 21 %. На юго-западе территории это уменьшение произошло еще в конце 1980-х гг. из-за усиления зимнего индекса САК, а на остальной части в начале XXI в. из-за начавшегося потепления Арктики. При этом в нескольких пунктах изменения превышают естественную изменчивость.

Влияние изменения климата на характеристики ледовых явлений происходит с запаздыванием и возможным искажением ввиду инерционности криосферных процессов. Этот период запаздывания зависит от локальных особенностей створа и участка русла реки. Поэтому годы, когда эти изменения скажутся на характеристиках ледового режима в разных пунктах наблюдений, могут отличаться.

Ключевые слова: ледовые явления, уровни воды, бассейн Северной Двины, методика оценки долгопериодных изменений

Для цитирования: Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А. Оценка влияния современного изменения климата на характеристики ледового режима рек бассейна Северной Двины // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 81–93. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-81-93. EDN: HVJXDS



Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.

HYDROLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-81-93

EDN: HVJXDS

ASSESSMENT OF THE MODERN CLIMATE CHANGE IMPACT
ON THE ICE REGIME CHARACTERISTICS ON THE RIVERS IN THE NORTHERN DVINA BASINVladimir A. Lobanov¹, Natalia I. Goroshkova², Anastasia V. Strizhenok³, Daria A. Semenova⁴¹ Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia^{2, 3, 4} State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia¹ va_lobanov56@mail.ru, Scopus Author ID: 0009-0007-0094-2865, RSCI Author ID: 58204² goroshnat@yandex.ru³ anastasiastrizhenok@mail.ru⁴ Darya.dsa@yandex.ru

Abstract. The main danger on the rivers of the Northwestern Federal District, in which the Northern Dvina River basin is located, is posed by powerful ice jams, the highest levels of which are also the maximum annual levels. Long-term series of characteristics of the ice regime on the rivers of the Northern Dvina basin – the dates of the beginning and end of the freeze-up period, its duration, maximum ice thickness, the highest water levels at the beginning of ice formation and during the period of ice drift – are approximated by models of a non-stationary mean in order to identify the impact of modern climate change. In the course of the study was developed a methodology for evaluating the effectiveness and stability of the parameters of non-stationary mean models. It has been found that over the observation period the freeze-up duration decreased by 17 days on average, the date of the beginning of the freeze-up period started to be observed 12 days later, and the date of its end – 5 days earlier. The maximum ice thickness on the rivers decreased by 9 cm, the maximum levels of ice drift decreased by 71 cm on average, while the levels of the beginning of ice formation practically have not changed. The sums of negative temperatures in the winter period, as the main factor determining the maximum thickness of ice and the duration of the freeze-up, decreased at meteorological stations in the Northern Dvina River basin by an average of 320 °C, or by 21%. In the southwest of the territory, this decrease occurred back in the late 1980s due to the strengthening of the winter NAO index, and in the rest of the territory – in the early 21st century due to the beginning of the warming in the Arctic. The changes exceed the natural variability in several points.

The impact of climate change on the characteristics of ice phenomena occurs with a delay and possible distortion due to the inertia of cryospheric processes. This delay period depends on the local characteristics of the observation section and the section along the river bed. Therefore, the years when these changes will affect the ice regime characteristics at different observation points may differ.

Keywords: ice phenomena, water levels, Northern Dvina basin, methodology for assessing long-period changes

For citation: Lobanov, V.A., Goroshkova, N.I., Strizhenok, A.V., Semenova, D.A. (2025). Assessment of the modern climate change impact on the ice regime characteristics on the rivers in the Northern Dvina basin. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 81–93. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-81-93. EDN: HVJXDS

Введение

Современные изменения климата оказывают влияние на характеристики криосферы, к которым относится ледовый режим рек [12, 17–18].

Основную опасность в рассматриваемом районе представляют мощные заторы льда, высшие уровни которых одновременно являются и максимальными годовыми. Происходящее при заторе затопление пойм, расположенных на них населенных пунктов и объектов инфраструктуры приводит к большим материальным ущербам. Исследованию характеристик ледовых явлений на реках севера ЕТР, влиянию на них изменений климата и методам их прогнозов посвящены многочисленные работы российских ученых [2–3, 13, 24, 28]. Однако эта проблема актуальна и сейчас, поскольку увеличение продолжительности гидрометеорологических наблюдений, привлечение большего количества створов на реках бассейна Северной Двины, имеющих особенности в формировании ледовых явлений, а также учет продолжающихся изменений климата, позволяют уточнять степень влияния обуславливающих их факторов.

Опасными и лимитирующими гидрологическими характеристиками, влияющими на водоснабжение, сроки навигации, функционирование зимников и другие виды хозяйственной деятельности, являются также даты начала, окончания, продолжительность ледостава и наибольшая толщина льда.

Влияние современного изменения климата на разные группы опасных явлений может быть разным. Высшие уровни в большей степени зависят от местных, или локальных, факторов (особенности пропускной способ-

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

ности русла на участке и в створе, кинематические свойства потока и т.д.), чем от более инерционных, климатических. Это проявляется и в более высоких коэффициентах вариации, асимметрии эмпирических распределений максимальных расходов и уровней воды по сравнению, например, со среднегодовыми и среднемесячными аналогичными характеристиками. Как следует из национальных оценочных докладов об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, существенные изменения наблюдаются в характеристиках минимального и годового стока, а в максимальных отсутствуют [9].

Влияние изменения климата на характеристики ледовых явлений происходит с запаздыванием и возможным искажением ввиду инерционности криосферных процессов. Этот период запаздывания зависит от локальных особенностей створа и участка русла реки. Поэтому годы, когда эти изменения скажутся на характеристиках ледового режима в разных пунктах наблюдений, могут отличаться.

Если рассматривать общую концепцию совместного влияния зональных и азональных факторов, то на максимальные уровни воды оказывают преимущественное влияние азональные факторы, а на характеристики ледового режима имеет место влияние как зональных (климатических), так и азональных факторов.

Еще одна особенность изменений в гидрологических характеристиках – это ступенчатый или резкий переход от одних стационарных условий к другим, что наглядно иллюстрируется в [17–18]. Поэтому помимо наиболее распространенных в настоящее время моделей трендов при аппроксимации временных рядов следует применять и модель ступенчатых изменений.

Исходные данные

В данном исследовании рассматривалось 20 пунктов наблюдений на реках бассейна Северной Двины с различными площадями водосборов и периодами наблюдений. Схема размещения пунктов наблюдений с кодами ГВК приведена на рис. 1.



Рис. 1. Расположение пунктов наблюдений за характеристиками ледового режима на реках бассейна Северной Двины

Fig. 1. Location of observation points on the rivers of the Northern Dvina basin

Основные характеристики пунктов и водосборов (φ , λ – широта и долгота пункта в градусах; F – площадь водосбора в км²; $L_{уст.}$, в км – расстояние пункта от устья реки), а также периоды и продолжительности наблюдений (n в годах) приведены в табл. 1.

Как следует из данных табл. 1, площади водосборов варьируются в очень широких пределах – от 179 до 285 000 км². Только 6 пунктов находятся на р. Северная Двина, а 14 – на ее притоках. Периоды наблюдений практически одинаковы. При небольшом различии года начала наблюдений последний год во всех пунктах – 2020. В качестве максимальных уровней воды рассматривались: высшие уровни весеннего ледохода ($H_{лhx}$ в см над «0» поста) и высшие уровни начала ледостава ($H_{лдет}$ в см над «0» поста), под которыми понимались высшие уровни, наблюдающиеся в течение одной-двух недель после образования ледостава. Во второй группе «медленных инерционных» характеристик были выбраны такие характеристики ледового режима, как максимальная толщина льда (h_{max} в см), даты начала ($T_{нач}$ в днях от начала года), окончания ($T_{кон}$ в днях от начала года) и продолжительность ледостава ($T_{лед}$ в днях) за период с начала наблюдений по 2020 г.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

Таблица 1

Table 1

Характеристики пунктов и периодов наблюдений
Characteristics of observation points and periods

Код	Пост	φ	λ	F	L _{уст}	Период наблюдений	n
70061	Северная Двина – г. Котлас	61,15	46,37	88300	663	1950–2020	71
70066	Северная Двина – д. Абрамково	62,05	45,07	220000	520	1950–2020	71
70067	Северная Двина – с. Нижняя Тойма	62,22	44,16	227000	455	1949–2020	72
70069	Северная Двина – д. Сидоровская	62,43	43,18	236000	380	1950–2020	71
70070	Северная Двина – р.п. Березник	62,52	42,43	278000	346	1949–2020	72
70072	Северная Двина – д. Звоз	63,17	42,04	285000	279	1949–2020	72
70091	Сухона – г. Тотма	59,58	42,46	34800	277	1950–2020	71
70098	Сухона – д. Каликино	60,41	45,5	49200	38	1950–2020	71
70101	Сухона – г. Великий Устюг	60,46	46,17	50300	36	1950–2020	71
70129	Ема – д. Новое	59,07	39,4	179	19	1950–2020	71
70152	Юг – с. Кичменский городок	59,59	45,49	8890	244	1950–2020	71
70182	Вычегда – с. Сторожевск	61,93	52,33	38200	558	1950–2020	71
70184	Вычегда – г. Сыктывкар	61,43	50,49	6690	424	1950–2020	71
70203	Вычегда – г. Сольвычегорск	61,2	46,56	120000	23	1950–2020	71
70275	Вага – д. Филиевская	61,07	42,11	13200	355	1950–2020	71
70281	Вага – г. Шенкурск	62,06	42,54	38400	158	1950–2020	71
70284	Вага – с. Усть-Сюма	62,3	42,49	43900	57	1956–2020	65
70331	Пинега – д. Засурье	63,35	45,35	17100	402	1950–2020	71
70332	Пинега – с. Усть-Покшеньга	64,01	44,15	31300	277	1950–2020	71
70334	Пинега – с. Кулогоры	64,42	43,25	36700	129	1950–2020	71

Методика исследований

Методика оценки долгопериодных изменений в многолетних временных рядах включала в себя:

- расчет коэффициента корреляции зависимости характеристики ледового режима со временем (R) и оценка его статистической значимости [14];

- определение года наиболее существенного изменения среднего значения [19], расчет средних значений за выбранные квазистационарные периоды до (ср1) и после (ср2) этого года, причем год перехода от одних однородных условий к другим определяется итерациями методом «расширяющегося окна» при достижении минимального значения сумм квадратов отклонений двух частей временного ряда:

$$\sigma_1^2(n_1-1) + \sigma_2^2(n_2-1) = \min, \quad (1)$$

где n_1, n_2 – объемы каждой из двух частей временного ряда; σ_1^2, σ_2^2 – дисперсии этих частей ряда, при этом задается минимальный объем первой части ряда, например $n_1=10$, при котором $n_2 = n - n_1$ и затем последовательно нужно увеличивать n_1 до $m = n - 10$, при котором $n_2=10$, т.е. $n_1=11, 12, \dots, m$;

- оценка стационарности двух средних значений (ср1 и ср2) по статистическому критерию Стьюдента [22];

- вычисление разности двух средних, которая характеризует изменение характеристики ледового режима (Δ) за последние 70 лет;

- расчет среднего квадратического отклонения (СКО), характеризующего естественную изменчивость (σ) и определение изменений в долях СКО как Δ/σ .

Результаты оценки изменений $T_{\text{нач}}$, $T_{\text{кон}}$, $T_{\text{пр}}$ по каждому створу и в среднем для всех постов приведены в табл. 2, в которой жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты R и случаи, когда установленное изменение средних (Δ) превышает естественную изменчивость: $\Delta/\sigma > 1$. Из данных табл. 2 следует, что наибольшие изменения имеют место в $T_{\text{пр}}$, которая уменьшилась в среднем на 17 дней (минимально на 8 и максимально на 26 дней).

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженов А.В., Семенова Д.А.

При этом практически все коэффициенты R статистически значимы (исключение составляет пункт 70184 р. Вычегда – г. Сыктывкар, где велико влияние антропогенного фактора) при уровне значимости $\alpha = 5\%$, как и по критерию Стьюдента, когда имеет место статистически значимое отличие двух средних значений – $sr1$ и $sr2$. Также в половине случаев установленные уменьшения периода ледостава превышают естественную изменчивость и в среднем по всем пунктам практически равны ей при $\Delta/\sigma = 0,95$. Уменьшение периода ледостава обусловлено тем, что даты начала ледостава наблюдаются позже, а даты окончания – раньше, чем в годы до начала климатических изменений. Причем более существенно изменились даты начала ледостава, которые в среднем на реках теперь отмечаются на 12 дней позже (при изменении от 5 до 21 дней), что связано с более продолжительным периодом положительных осенних температур [23].

Окончание ледостава наступает раньше в среднем примерно на 5 дней (чаще на 2 дня и только в створе р. Пинега – с. Усть-Покшенга на 10 дней).

Таблица 2

Table 2

Показатели изменения дат начала ($T_{нач}$), окончания ($T_{кон}$) продолжительности ($T_{пр}$) ледостава на реках бассейна Северной Двины
Indicators of changes in the dates of the beginning ($T_{нач}$) and end ($T_{кон}$) of the freeze-up period and its duration ($T_{пр}$) on the rivers of the Northern Dvina basin

Код поста	$T_{нач}$				$T_{кон}$				$T_{пр}$			
	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ
70061	0,24	8	16,1	0,50	-0,15	2	6,78	0,74	-0,27	10	17,9	0,56
70066	0,31	12	13,6	0,88	-0,27	4	6,96	0,57	-0,37	17	16,1	1,06
70067	0,28	11	13,1	0,84	-0,20	2	7,19	0,28	-0,32	13	15,0	0,87
70069	0,29	11	13,1	0,84	-0,27	4	7,30	0,55	-0,37	15	15,3	0,98
70070	0,27	10	13,7	0,73	-0,24	2	7,28	0,27	-0,32	12	15,7	0,76
70072	0,30	11	13,4	0,82	-0,18	3	7,89	0,38	-0,33	14	15,1	0,93
70091	0,36	21	20,6	1,02	-0,23	4	7,61	0,52	-0,38	25	22,6	1,11
70098	0,44	18	19,0	0,95	-0,27	3	8,06	0,37	-0,47	21	21,0	1,00
70101	0,40	20	17,8	1,12	-0,30	6	6,96	0,86	-0,45	26	20,2	1,29
70129	0,22	11	15,3	0,72	-0,16	5	8,96	0,56	-0,24	16	20,1	0,80
70152	0,31	14	14,8	0,95	-0,23	5	9,09	0,55	-0,38	19	17,1	1,11
70182	0,39	13	12,0	1,08	-0,29	7	9,25	0,76	-0,47	20	15,4	1,30
70184	0,08	5	11,4	0,44	-0,17	3	8,39	0,36	-0,18	8	14,2	0,56
70203	0,20	7	14,1	0,50	-0,28	8	10,8	0,74	-0,28	15	19,0	0,79
70275	0,30	13	16,6	0,78	-0,34	6	7,42	0,81	-0,36	19	19,6	0,97
70281	0,13	9	14,4	0,62	-0,29	4	7,44	0,54	-0,23	13	16,7	0,78
70284	0,31	14	17,3	0,81	-0,34	4	7,22	0,55	-0,39	18	20,2	0,89
70331	0,34	14	15,4	0,91	-0,35	6	9,23	0,65	-0,45	20	17,9	1,12
70332	0,35	11	13,5	0,81	-0,45	10	9,23	1,08	-0,49	21	17,1	1,17
70334	0,36	12	14,3	0,84	-0,24	5	10,6	0,47	-0,43	17	16,6	1,02
Среднее	0,29	12	15,0	0,81	-0,26		8,18	0,58	-0,36	17	17,6	0,95

На рисунках 2 и 3 приведены графики нестационарных временных рядов дат начала ледостава (в днях от начала года) и продолжительности периода ледостава (в днях) для трех створов: р. Северная Двина – с. Сидоровская, р. Северная Двина – с. Звоз, р. Сухона – г. Тотьма. Модели ступенчатых изменений во всех случаях эффективнее, чем модели линейного тренда, и год перехода от одних стационарных условий к другим обычно относится к началу 2000-х гг. для $T_{нач}$ и $T_{пер}$.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

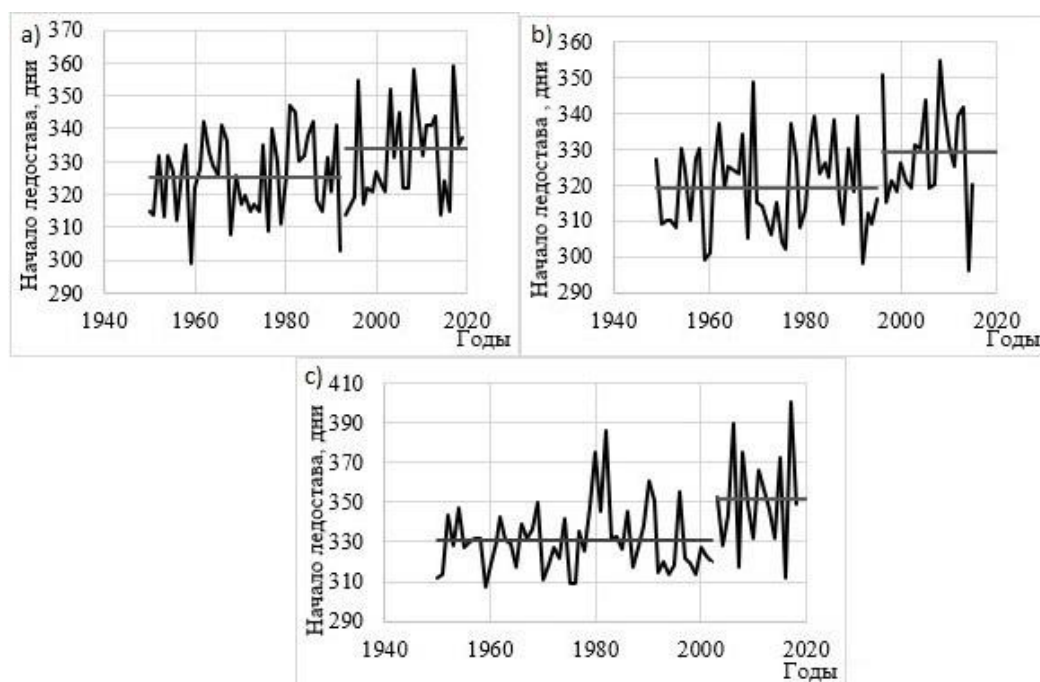


Рис. 2. Графики нестационарных временных рядов дат начала ледостава (в днях от начала года) для трех створов на реках: а) Северная Двина – с. Сидоровская, б) Северная Двина – с. Звоз, в) Сухона – г. Тотма
 Fig. 2. Graphs of non-stationary time series of dates of the beginning of the freeze-up period (in days from the beginning of the year) for three sections on the rivers: a) Severnaya Dvina –Sidorovskaya village, b) Severnaya Dvina –Zvoz village, c) Sukhona – Totma town

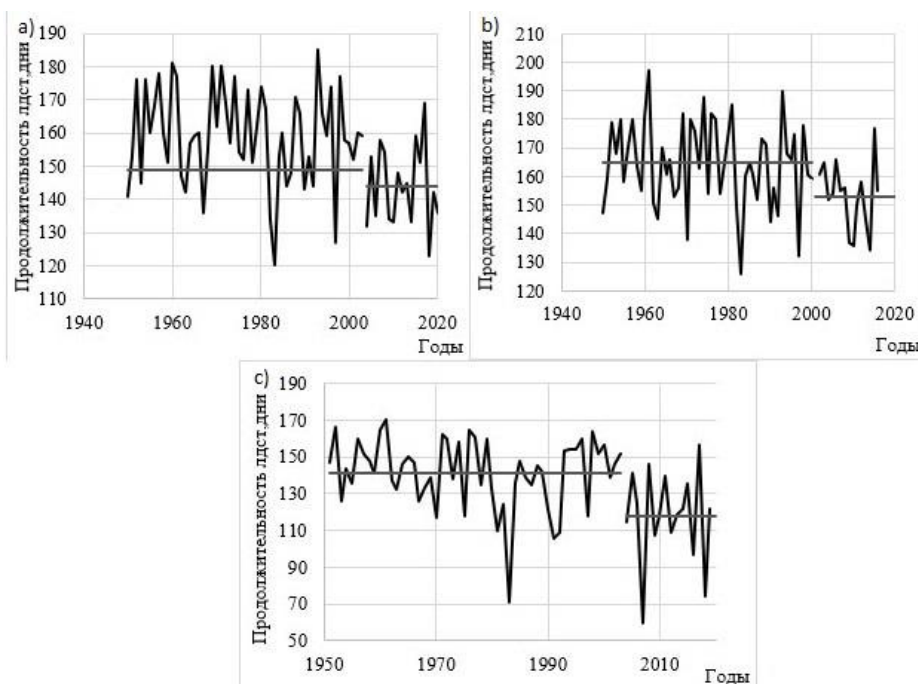


Рис. 3. Графики нестационарных временных рядов продолжительности периода ледостава (в днях) для трех створов на реках: а) Северная Двина – с. Сидоровская, б) Северная Двина – с. Звоз, в) Сухона – г. Тотма
 Fig. 3. Graphs of non-stationary time series of the duration of the freeze-up period (in days) for three sections on the rivers: a) Severnaya Dvina –Sidorovskaya village, b) Severnaya Dvina –Zvoz village, c) Sukhona –Totma town

В табл. 3 приведены полученные показатели изменений максимальной толщины льда и максимальных уровней в начале ледостава и при ледоходе. Как следует из табл. 3, наиболее существенно уменьшилась максимальная толщина льда, и в среднем это уменьшение составило 9 см, но при изменении значений от 0 до 20 см.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

Таблица 3

Table 3

Показатели изменения максимальных уровней в начале ледостава ($H_{\text{лдст}}$), при ледоходе ($H_{\text{лдох}}$) и наибольшей толщины льда (h_{max}) на реках бассейна Северной Двины
 Indicators of changes in maximum levels at the beginning of the freeze-up period ($H_{\text{лдст}}$), during ice drift ($H_{\text{лдох}}$), and the greatest ice thickness (h_{max}) on the rivers of the Northern Dvina basin

Код поста	$H_{\text{лдст}}$ (см)				$H_{\text{лдох}}$ (см)				h_{max} (см)			
	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ	R	Δ	σ	Δ/σ
70061	-0,09	-8	62,4	0,13	-0,42	-146	105	1,39	-0,35	-12	10,8	1,11
70066	-0,07	-22	58,0	0,38	-0,10	-78	118	0,66	-0,08	-2	11,3	0,18
70067	-0,09	-27	75,0	0,36	-0,24	-98	134	0,73	0,02	0	10,8	0
70069	-0,09	-36	85,4	0,42	-0,03	-52	142	0,37	0,01	0	15,4	0
70070	0,15	+56	114	0,49	-0,12	-83	166	0,50	-0,25	-12	12,3	0,98
70072	0,11	+20	135	0,15	-0,12	-81	188	0,43	-0,52	-16	11,5	1,39
70091	-0,12	-9	64,5	0,14	-0,27	-136	120	1,13	-0,54	-14	10,9	1,28
70098	0,07	+20	123	0,16	-0,05	0	174	0	-0,39	-15	16,0	0,94
70101	0,07	+8	92,6	0,09	-0,11	-14	155	0,09	-0,63	-20	14,8	1,35
70129	0,13	+5	23,2	0,22	-0,15	-33	43,9	0,75	0,02	0	10,5	0
70152	0,14	+21	46,6	0,45	-0,33	-146	126	1,16	-0,41	-8	8,8	0,91
70182	0,45	+44	41,1	1,07	0,22	+37	70,5	0,52	-0,11	0	10,8	0
70184	-0,39	-62	65,6	0,94	-0,16	-33	84,4	0,39	—	—	—	—
70203	-0,31	-70	75,2	0,93	-0,18	-66	108	0,61	—	—	—	—
70275	-0,12	-31	62,9	0,49	-0,32	-93	126	0,74	-0,44	-9	10,2	0,88
70281	-0,16	-23	59,0	0,39	-0,34	-116	122	0,95	-0,64	-19	13,5	1,41
70284	-0,05	-16	63,9	0,25	-0,17	-94	131	0,72	-0,41	-19	10,4	1,83
70331	-0,08	-5	33,4	0,15	-0,18	-62	86,7	0,72	-0,40	-13	8,7	1,49
70332	-0,03	-10	45,2	0,22	-0,33	-114	113	1,01	-0,32	-11	10,0	1,10
70334	0,05	0	37,4	0	-0,18	-16	104	0,15	0,21	0	9,4	0
Среднее	-0,02	-7	68,2	0,37	-0,18	-71	121	0,65	-0,29	-9	11,4	0,82

Наиболее значительные уменьшения толщины льда, превышающие естественную изменчивость, имеют место в пунктах на р. Сухоне (70091, 70098, 70101), р. Ваге (70281, 70284) и р. Пинеги (70331, 70332, 70334) (рис. 4). Как следует из результатов анализа изменений сумм отрицательных температур (табл. 4), самое существенное влияние изменений климата отмечается в южной части бассейна Северной Двины, а именно на реках бассейна р. Сухоны, хотя это влияние сказывается, но в менее интенсивной форме, и в более северных частях бассейна.

Поскольку для всех рассматриваемых речных створов характерны заторы льда, высшие уровни которых часто бывают и высшими годовыми, для их снижения проводятся предупредительные мероприятия, в число которых входит, например, зачернение ледяного покрова. Оно применяется в местах потенциально возможного заторообразования, где задержка вскрытия происходит вследствие увеличения толщины и прочности ледяного покрова [3].

Более кардинально борьба с заторами осуществляется в местах, где их формирование угрожает затоплением обширных территорий, большими материальными потерями, например в г. Великий Устюг затор ликвидируют подрывом его головной части, располагающейся ниже по течению р. Сухоны.

Наименьшие изменения имеют место в значениях наибольших уровней воды начала ледостава, которые в среднем составляют только 1/3 от естественной изменчивости, и только в одном случае (пункт 70182 р. Вычегда – Сторожевск) эти изменения превышают естественную изменчивость (табл. 3). При этом в одних случаях уровень растет, в других понижается, что вряд ли связано с влиянием изменения климата. Эта характеристика зависит от продолжительности периода от начала ледовых явлений до образования ледостава, ему могут предшествовать шугоходы. Шуга заполняет русло реки, уровень воды перед началом ледостава повышается [4]. Вместе с тем увеличение периода предзимья приводит к удлинению времени формирования устойчивого ледостава и повышению уровней воды в реках за счет осенних осадков и талой воды, образующейся во время оттепелей, которые в период происходящих климатических изменений участились [7, 19]. Этому же способствуют полыньи, образующиеся в местах выпусков промышленных и бытовых стоков.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

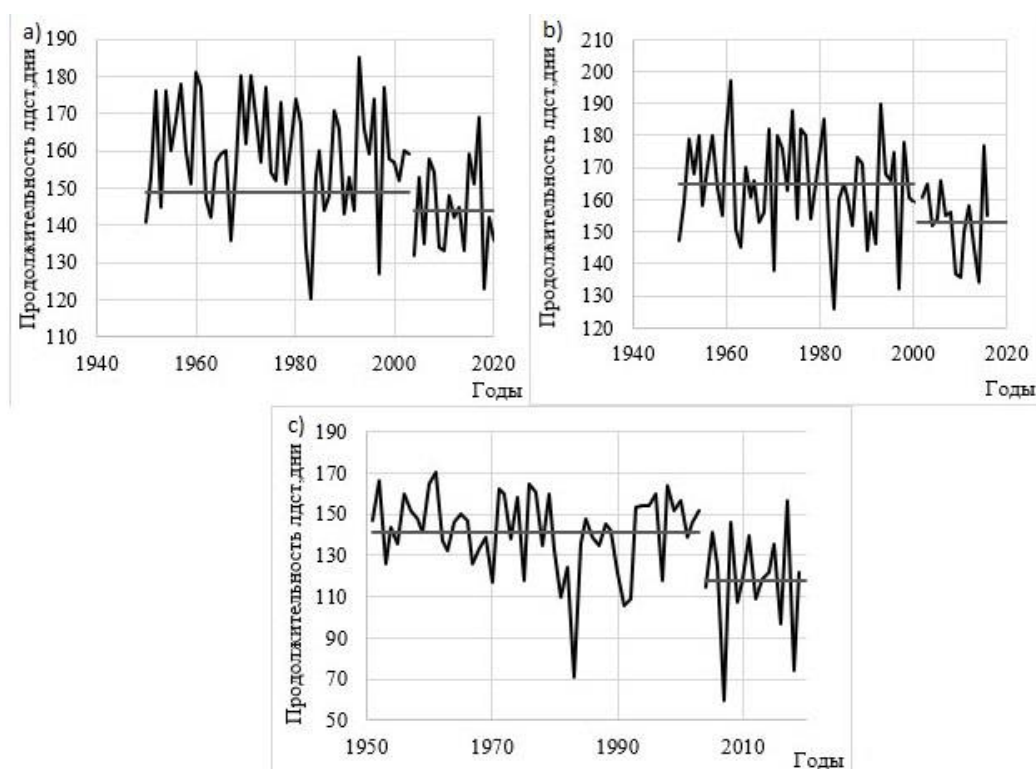


Рис. 4. Графики нестационарных временных рядов максимальной толщины льда на реках:

а) Северная Двина – с. Звоз, б) Пинега – с. Усть – Покшеньга, в) Сухона – г. Тотма

Fig.4. Graphs of non-stationary time series of maximum ice thickness on the rivers:

a) Severnaya Dvina – Zvoz village, b) Pinega – Ust-Pokshenga village, c) Sukhona – Totma town

Анализ данных по характеристикам ледовых явлений на реках бассейна Северной Двины, приведенный в [10], показывает, что заторы и после начала климатических изменений отмечаются достаточно часто. Годы, когда их максимальные уровни являются и максимальными годовыми, наблюдались, например, в створе р. Вага – г. Шенкурск в 2005, 2008, 2009, 2013 гг. Хотя в целом значения их максимальных уровней несколько снижаются.

Наивысшие уровни ледохода практически во всех случаях уменьшаются, что обусловлено как уменьшением толщины льда, так и расходов весеннего половодья. В среднем это уменьшение составляет 71 см при очень большой вариации – от 14 до 146 см.

Причем превышение естественной изменчивости имеет место только на 4-х постах: 70061 р. Северная Двина – г. Котлас, 70091 р. Сухона – г. Тотма, 70152 р. Юг – п. Кичменский Городок и 70332 р. Пинега – с. Усть-Покшеньга.

Для пункта 70061 р. Северная Двина – г. Котлас приоритетным является антропогенное влияние [7].

Для пунктов 70091 р. Сухона – г. Тотма, 70152 р. Юг – п. Кичменский Городок этот фактор связан с более значительным влиянием изменений климата, как отмечалось выше, приводящим к уменьшению снеготолщин в период их формирования [7].

Таким образом, наиболее существенные изменения, превышающие естественную изменчивость, имеют место в продолжительности периода ледостава и в наибольшей толщине льда. Основным метеорологическим фактором для двух этих характеристик можно считать сумму отрицательных температур воздуха за холодный период года [8, 15]. Для количественной оценки климатических изменений в сумме отрицательных зимних температур (ΣT_z) был проведен анализ их многолетних рядов на 13 метеостанциях, расположенных на водосборе Северной Двины за период 1949–2024 гг. Основные результаты анализа приведены в табл. 4, где R – коэффициент корреляции модели линейного тренда; $T_{ст}$ – год наиболее существенного изменения среднего значения, $cp1$, $cp2$; Δ – суммы отрицательных температур за два временного ряда до и после $T_{ст}$ и разность между ними в $^{\circ}C$.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

Таблица 4

Table 4

Показатели изменения сумм отрицательных температур (в °C) на метеостанциях в бассейне Северной Двины
 Indicators of changes in the sum of negative temperatures (in °C) at weather stations in the Northern Dvina basin

№п/п	Название	R	T _{ст}	ср1	ср2	Δ	Δ/СКО
1	Мезень	-0,40	2004	1703	1343	360	1,12
2	Архангельск	-0,38	2004	1447	1150	297	0,90
3	Пинега	-0,37	2014	1371	985	386	1,17
4	Щенкурск	-0,37	2014	1372	985	387	1,17
5	Верх.Тойма	-0,41	2004	1545	1227	318	0,97
6	Котлас	-0,42	2014	1440	1050	390	1,21
7	Сыктывкар	-0,45	2004	1653	1325	328	1,02
8	Тотьма	-0,46	1989	1368	1084	284	0,90
9	Никольск	-0,47	1989	1439	1152	287	0,90
10	Великий Устюг	-0,48	1989	1514	1237	277	0,87
11	Ухта	-0,35	2004	1969	1666	303	0,95
12	Вендинга	-0,40	2004	1820	1567	253	0,84
13	Каргополь	-0,43	1989	1371	1070	301	0,95

Как следует из табл. 4, все коэффициенты корреляции линейных трендов являются статистически значимыми при уровне значимости $\alpha = 5\%$, годы наиболее существенного изменения среднего группируются около двух основных лет: 1989 г. и в начале XXI в. (2004 и 2014 гг.). Изменение Δ по отношению к СКО или приближается к 1, или превышает ее. Пространственные закономерности R и T_{ст} показаны на рис. 5, из которых следует, что уменьшение сумм зимних температур раньше произошло на юго-западе бассейна Северной Двины (1989 г.), а затем уже в северной и восточной частях (2004 и 2014 гг.). Поэтому основные изменения в продолжительности ледостава и максимальной толщине льда, как было отмечено ранее, также произошли в начале XXI в. Коэффициент корреляции линейного тренда на станциях южной части выше, потому что эти изменения длятся дольше. Как показано в работе [20], причиной увеличения зимних температур является резкое усиление индекса САК в конце 1980-х гг., которое в большей степени сказалось в южной части. Северная же часть бассейна Северной Двины находится под влиянием арктических воздушных масс, и потепление Арктики проявилось только в начале XXI в. [21].

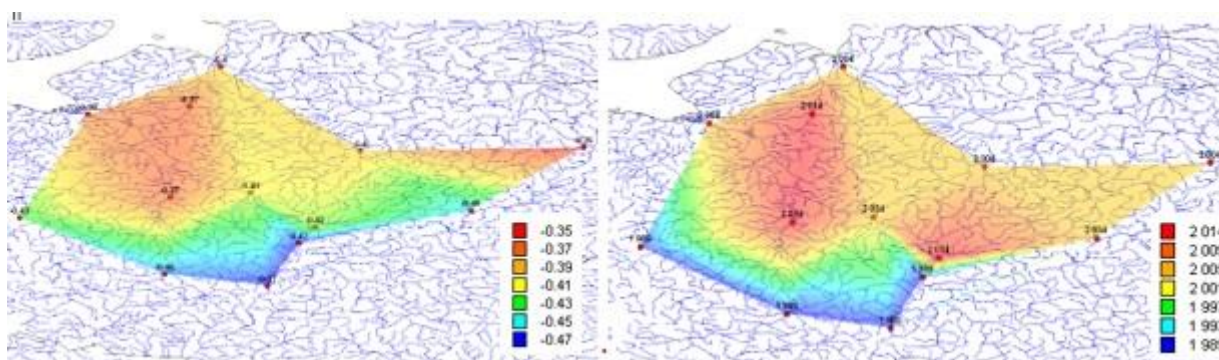


Рис. 5. Пространственные распределения коэффициентов корреляции модели линейного тренда (R, слева) и лет наиболее существенного изменения средних значений сумм отрицательных температур (T_{ст}, справа)

Fig. 5. Spatial distributions of the correlation coefficients of the linear trend model (R, left) and the years of the most significant change in the average values of the sums of negative temperatures (T_{st}, right)

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

Примеры графиков нестационарных временных рядов сумм отрицательных температур приведены на рис. 6.

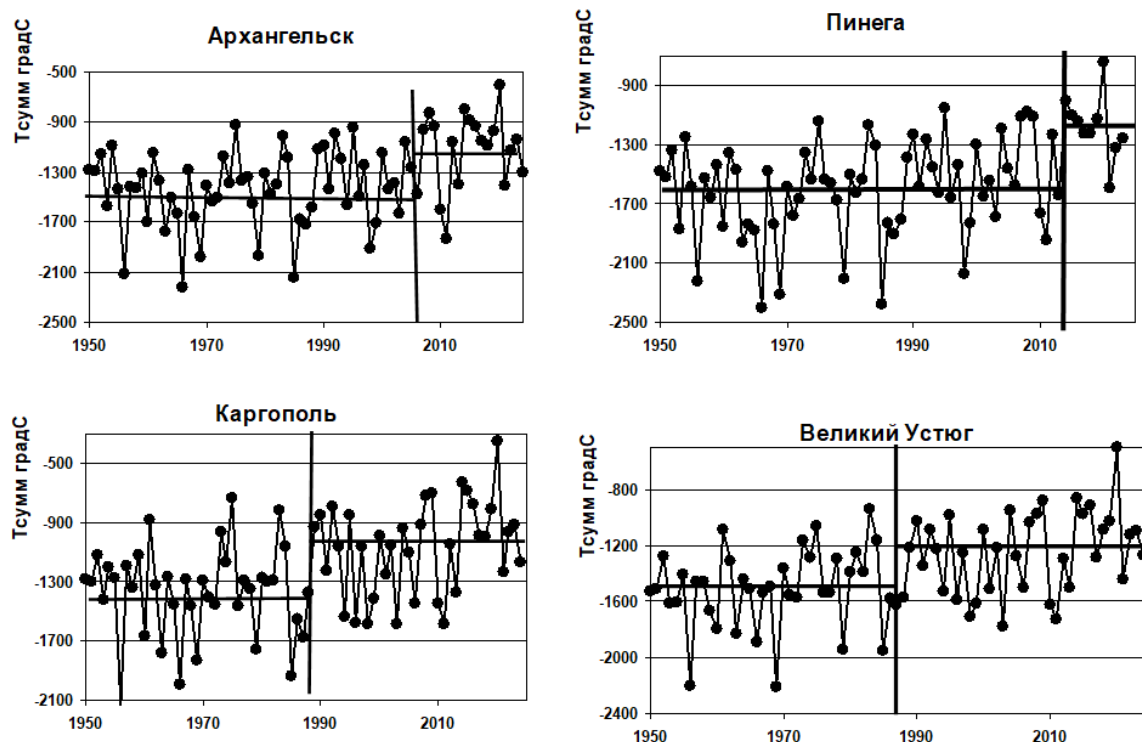


Рис. 6. Графики нестационарных временных рядов сумм зимних отрицательных температур воздуха на метеостанциях бассейна Северной Двины

Fig. 6. Graphs of non-stationary time series of sums of winter negative air temperatures at meteorological stations of the Northern Dvina basin

Заключение

Выполненные детальные исследования оценки проявления влияния современного изменения климата на многолетние ряды характеристик ледового режима на реках бассейна Северной Двины позволяют сделать следующие выводы:

1. Изменение климата по-разному влияет на разные по инерционности гидрологические характеристики. Так, в максимальных уровнях весеннего ледохода и максимальных уровнях начала ледостава изменения практически не проявляются, и многолетние колебания пока еще соответствуют модели стационарной выборки. Для инерционных характеристик, таких как показатели ледового режима рек, влияние изменения климата имеет место, и в большинстве случаев оно статистически значимо;

2. Оценка устойчивости показателей нестационарных моделей во времени позволила установить, что изменения имели место в конце 1990 – начале 2000 гг., и, как правило, эти изменения имели вид не направленного тренда, а ступенчатых переходов от одного стационарного режима к другому;

3. Наибольшие изменения имели место в максимальной толщине льда, и эти изменения в половине случаев превысили стандартное отклонение, связанное с естественной изменчивостью, а уменьшение максимальной толщины льда составило в среднем 9 см, но при достаточно большой вариации – от 0 до 20 см;

4. Наиболее существенно изменились даты начала ледостава, который в среднем на реках бассейна Северной Двины теперь отмечается на 12 дней позже (при вариации от 5 до 21 дня). Окончание ледостава наступает раньше в среднем примерно на 5 дней (при вариации от 2 до 10 дней). Продолжительность ледостава ($T_{лр}$) уменьшается в среднем на 17 дней (при вариации от 8 до 26 дней);

5. Суммы отрицательных температур зимнего периода как основного фактора, обуславливающего максимальные толщины льда и продолжительность ледостава, на метеостанциях бассейна Северной Двины уменьшились в среднем на 320 °С, или на 21 %, причем на юго-западе территории это уменьшение произошло еще в конце 1980-х гг. из-за усиления зимнего индекса САК, а на остальной части – в начале XXI в. века из-за начавшегося потепления Арктики.

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А.

Библиографический список

1. Борщ С.В., Асарин А.Е., Болгов М.В., Полунин А.Я. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем // Наводнения. М.: Росгидромет, 2012. С. 87–125.
2. Бузин В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В. Максимальные заторные уровни воды северных рек России в условиях изменения климата и антропогенного воздействия на процесс заторообразования // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 55–61. EDN: TACMSD
3. Бузин В.А. Зажоры и заторы льда на реках России. СПб, 2015. С. 167–168. ISBN: 978-5-94432-141-1 EDN: QPOYIA
4. Бузин В.А. Факторы образования и прогноз заторов льда на реках севера европейской территории России // Метеорология и гидрология. 2010. № 4. С. 63–74. EDN: MTDETH
5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: изд-во ИГКЭ, 2015. 1008 с. Обнинск: изд-во ИГКЭ, 2015. 1008 с.
6. Георгиевский В.Ю., Грек Е.А., Марков М.Л., Молчанова Т.Г. Опасные гидрологические явления на реках арктической зоны Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2019. № 4. С. 89–98. EDN: GRJFHU
7. Георгиевский М.В., Горошкова Н.И., Хомякова В.А., Стриженко А.В. Оценка изменений характеристик водного, снежного и ледового режимов в бассейне Малой Северной Двины в современных условиях и их возможные изменения в будущем // Природообустройство. 2021. № 3. С. 117–127. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-3-117-127 EDN: XTRCIC
8. Георгиевский Ю.М. Краткосрочные гидрологические прогнозы. Л.: ЛГМИ, 1982. С. 99.
9. Гинзбург Б.М., Солдатова И.И. Многолетняя изменчивость сроков ледовых явлений на реках как индикатор колебаний климата переходных сезонов // Метеорология и гидрология. 1997. № 11. С. 99–107.
10. Горошкова Н.И., Георгиевский Д.В., Стриженко А.В. База данных: «Многолетние данные по характерным уровням и расходам воды, максимальным и минимальным ежемесячным уровням, и максимальной толщине льда реки Северная Двина от г. Котласа до с. Усть-Пинега». 2020 г.
11. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Ожидаемые и наблюдаемые изменения климата России: температура воздуха // Обнинск: ВНИИГМИ. МЦД, 2012. 194 с.
12. Гуревич Е.В. Влияние температуры воздуха на зимний сток рек (на примере бассейна р. Алдан) // Метеорология и гидрология. 2009. № 9. С. 92–99. EDN: KWCCWB
13. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеониздат, 1987. 247 с.
14. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.
15. Калинин В.Г. Оценка пространственно-временной динамики толщины ледяного покрова на реках водосбора Воткинского водохранилища // Географический вестник. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2009. № 1 (9). С. 5–9. EDN: NDARNX
16. Кобышева Н.В., Наровлинский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеониздат, 1978. 295 с.
17. Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженко А.В., Семенова Д.А. Влияние изменения климата на экстремальные гидрологические характеристики в бассейне р. Печоры // Гидрометеорология и экология. СПб: изд-во РГГМУ Санкт-Петербург, 2022. № 68. С. 435–452. DOI: 10.33933/2713-3001-2022-68-435-452 EDN: EBHEDJ
18. Лобанов В.А., Горошкова Н.И. Характеристики ледового режима рек Саха (Якутия) и их климатические изменения // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 55. С. 86–98. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-55-86-98 EDN: ULXOAJ
19. Лобанов В.А., Наурызбаева Ж.К. Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия // СПб: изд-во РГГМУ, 2021. 140 с.
20. Лобанов В.А., Тоцакова Г.Г. Особенности и причины современных климатических изменений в России // Географический вестник. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016. № 3 (38). С. 79–89.
21. Лобанов В.А., Самсоненкова П.И., Григорьева А.А. Оценка современного потепления Арктики как возможного климатического риска: тезисы Международной конференции и Школы молодых ученых, посвященных памяти Нины Константиновны Кононовой, «Климатические риски и климатическая погода» Иркутск, 14–17 июня 2021 г. Иркутск. С. 45. ISBN: 978-5-9624-1924-4
22. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб: изд-во РГГМУ, 2008. 408 с. ISBN: 978-5-86813-213-1 EDN: QKIFPF
23. Мелешко В.П., Катцов В.М., Мирвис В.М., Говоркова В.А., Павлова Т.В. Климат России в XXI веке // Метеорология и гидрология. 2008. № 6, Ч. 1. С. 5–19. EDN: NXJWBB
24. Нежиховский Р.А., Бузин В.А. Условия образования и прогнозы заторов льда на реках // Метеорология и гидрология. 1977. № 5. С. 70–75.
25. Рекомендации по статистическим методам анализа однородности пространственно-временных колебаний речного стока. Л.: Гидрометеониздат, 1984. 78 с.
26. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеониздат, 1974. 424 с.
27. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. М.: Госстрой России, 2004. 73 с.
28. Терский П.Н., Панченко Е.Д., Горин С.Л., Агафонова С.А., Василенко А.Н., Куликова Ж.М., Попрядухин А.А., Алабян А.М. Исследования зимнего режима устьев рек Белого моря в 2017–2020 гг. // Океанология. 2021. Т. 61, № 6. С. 1006–1008. DOI: 10.31857/S0030157421060162 EDN: AEZXYG

Гидрология

Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.

References

1. Borshch, S.V., Asarin, A.E., Bolgov, M.V., Polunin, A.Ya. (2012), "Methods of assessing the effects of climate change on physical and biological systems", *Floods*, pp. 87-125.
2. Buzin, V.A., Goroshkova, N.I., Strizhenok, A.V. (2014), "Maximum stagnant water levels of the northern rivers of Russia in the context of climate change and anthropogenic impact on the process of flood formation", *Meteorology and hydrology*, No. 12, pp. 55-61.
3. Buzin, V.A. (2015), "Ice jams and congestion on the rivers of Russia", pp. 167-168.
4. Buzin, V.A. (2010), "Factors of formation and forecast of ice congestion on the rivers of the north of the European territory of Russia", *Meteorology and hydrology*, No.4. pp. 63-74.
5. "The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation", 2015. pp.1008.
6. Georgievsky, V.Yu., Grek, E.A., Markov, M.L., Molchanova, T.G. (2019), "Dangerous hydrological phenomena on the rivers of the Arctic zones of the Russian Federation", *Meteorology and hydrology*, No. 4. pp. 89-98.
7. Georgievsky, M.V., Goroshkova, N.I., Khomyakova, V.A., Strizhenok, A.V. (2021), "Assessment of changes in the characteristics of water, snow and ice regimes in the basin of the Small Northern Dvina in modern conditions and their possible changes in the future", *Nature management*, No. 3. pp. 117 – 127.
8. Georgievsky, Yu.M. (1982), "Short-term hydrological forecasts", P. 99.
9. Ginzburg, B.M., Soldatova, I.I., (1997), "Long-term variability of the timing of ice phenomena on rivers as an indicator of climate fluctuations of transitional seasons", *Meteorology and hydrology*, No. 11. pp. 99-107.
10. Goroshkova, N.I., Georgievsky, D.V., Strizhenok, A.V. (2020), Database: "Long-term data on characteristic levels and water consumption, maximum and minimum monthly levels, and maximum ice thickness of the Severnaya Dvina River from Kotlas to S.Ust-Pinega".
11. Gruza, G.V., Rankova, E.Ya. (2012), "Expected and observed climate changes in Russia: air temperature", pp. 194.
12. Gurevich, E. V. (2009), "Influence of air temperature on winter river flow (on the example of the Aldan river basin)", *Meteorology and hydrology*, No. 9. pp. 92-99.
13. Donchenko, R.V. (1987), "Ice regime of the rivers of the USSR", p. 247.
14. Zaks, L. (1976), *Statistical evaluation*, Statistics, Moscow, USSR.
15. Kalinin, V.G. (2009), "Assessment of the spatial and temporal dynamics of the thickness of the ice cover on the rivers of the watershed of the Votkinsk reservoir", *Geographical Bulletin*, No.1 (9). pp. 5-9.
16. Kobysheva, N.V. and Narovlinsky, G.Ya. (1978), *Climatological processing of meteorological information*, Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR.
17. Lobanov, V.A., Goroshkova, N.I., Strizhenok, A.V., Semenova, D.A. (2022), "Influence of climate change on extreme hydrological characteristics in the Pechora River basin", *Hydrometeorology and Ecology*, No. 68. pp. 435-452.
18. Lobanov, V. A., Goroshkova, N. I. (2019), "Characteristics of the ice regime of the Sakha (Yakutia) rivers and their climatic changes", *Scientific notes of RGGMU*, No. 55. pp. 86-98.
19. Lobanov, V.A. and Naurozbayeva, Zh.K. (2021), *The influence of climate change on the ice regime of the Northern Caspian Sea*, St. Petersburg, Russia.
20. Lobanov, V.A., Toshchakova, G.G. (2016), "Features and causes of modern climatic changes in Russia", *Geographical Bulletin*, No. 3(38). pp. 79-89.
21. Lobanov, V.A., Samsonenkova, P.I., Grigorieva, A.A. (2021), "Assessment of modern Arctic warming as a possible climate risk", *International Conference and School of Young Scientists dedicated to the memory of Nina Konstantinovna Kononova "Climate risks and climatic weather"*, Irkutsk, Russia, 14-17 June 2021, pp.45.
22. Malinin, V.N. (2008), *Statistical methods of analysis of hydrometeorological information*, publishing house of the Russian State State Medical University, St. Petersburg, Russia, p. 408.
23. Meleshko, V.P., Kattsov, V.M., Mirvis, V.M., Govorkova, V.A., Pavlova, T.V. (2008), "The climate of Russia in the XXI century", *Meteorology and hydrology*, No. 6. pp. 5-19.
24. Nezhikhovskiy, R.A., Buzin, V.A. (1977), "Conditions of formation and forecasts of ice jams on rivers", *Meteorology and hydrology*, No. 5. pp. 70-75.
25. *Recommendations on statistical methods for analyzing the homogeneity of spatial and temporal fluctuations of river flow*, Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR, 1984, P. 78.
26. Rozhdestvensky, A.V., Chebotarev, A. I. (1974), *Statistical methods in hydrology*, Hydrometeoizdat, Leningrad, USSR, p. 424.
27. Gosstroy of Russia (2004), *SP 33-101-2003: Code of rules for design and construction. Determination of the main calculated hydrological characteristics*, Moscow, Russia, p. 73.
28. Tersky, P.N., Panchenko, E.D., Gorin, S.L., Agafonova, S.A., Vasilenko, A.N., Kulikova, Zh.M., Popryadukhin, A.A., Alabyan, A.M. (2021), "Studies of the winter regime of the mouths of the rivers of the White Sea in 2017-2020", *Oceanology*, Vol. 61, No. 6, pp. 1006-1008.

Статья поступила в редакцию: 13.05.24, одобрена после рецензирования: 16.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 13 May 2024; approved after review: 16 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

*Гидрология**Лобанов В.А., Горошкова Н.И., Стриженок А.В., Семенова Д.А.*

Информация об авторах

Владимир Алексеевич Лобанов

доктор технических наук,
старший научный сотрудник, профессор,
Российский государственный
гидрометеорологический университет;
192007, Россия, г. Санкт-Петербург,
ул. Воронежская, 79

Information about the authors

Vladimir A. Lobanov

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Professor, Russian State Hydrometeorological
University;
79, Voronezhskaya st., St. Petersburg, 192007, Russia

e-mail: va_lobanov56@mail.ru

Наталья Ивановна Горошкова

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Государственный гидрологический институт;
199053, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я линия
В.О., 23

Natalia I. Goroshkova

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher,
State Hydrological Institute;
23, Line 2, Vasilyevsky Ostrov, St. Petersburg, 199053,
Russia

e-mail: goroshnat@yandex.ru

Анастасия Владимировна Стриженок

научный сотрудник
Государственный гидрологический институт;
199053, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я линия
В.О., 23

Anastasia V. Strizhenok

Researcher,
State Hydrological Institute;
23, Line 2, Vasilyevsky Ostrov, St. Petersburg, 199053,
Russia

e-mail: anastasiastrizhenok@mail.ru

Дарья Артемиевна Семенова

младший научный сотрудник
Государственный гидрологический институт;
199053, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я линия
В.О., 23

Daria A. Semenova

Junior Researcher,
State Hydrological Institute;
23, Line 2, Vasilyevsky Ostrov, St. Petersburg, 199053,
Russia

e-mail: Darya.dsa@yandex.ru

Вклад авторов

Лобанов В.А. – идея, написание статьи, методика оценки долгопериодных изменений в многолетних временных рядах, построение графиков, рисунки.

Горошкова Н.И. – идея, написание статьи, научное редактирование текста.

Стриженок А.В. – сбор, анализ и обработка материалов, редактирование текста.

Семенова Д.А. – сбор, анализ и обработка материалов, редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Vladimir A. Lobanov – the idea; writing of the article; methodology for assessing long-period changes; construction of graphs, figures.

Natalia I. Goroshkova – the idea; writing of the article; scientific editing of the text.

Anastasia V. Strizhenok – material collection, analysis, and processing; editing of the text.

Daria A. Semenova – material collection, analysis, and processing; editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

Гидрология

Демин А.П.

Научная статья

УДК 628.17:556.18:338.27

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-94-104

EDN: ISESCZ



ОЦЕНКА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ УРАЛ НА ПЕРИОД ДО 2035 Г.

Александр Павлович Демин

Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия

deminap@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0140-3181, Researcher ID: P-3396-2014, Scopus Author ID: 7103300046,

SPIN-код: 9447-6306

Аннотация. Цель статьи – получение прогнозных оценок водопотребления на хозяйственно-питьевые, производственные и нужды орошения, а также полного водопотребления (водозабора) в российской части трансграничной р. Урал на ближайшую и среднесрочную перспективу. Исследование проведено на основе системного и информационно-аналитического подходов с применением методов логического и сравнительного анализа, качественного и количественного анализа статистических данных. Описаны методические подходы к прогнозу водопотребления. Объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды в результате сокращения численности населения по демографическому прогнозу и продолжающегося сокращения удельного водопотребления на 1 человека снизится к 2035 г. на 22 %. Приведены сводные данные по вводу в эксплуатацию орошаемых земель за 2010–2021 гг. в трех субъектах Российской Федерации бассейна Урала. В соответствии с существенным ростом площадей орошения и незначительным увеличением оросительных норм ввиду усиления засушливости климата водопотребление на нужды орошения увеличится с 20,7 млн м³ в 2020 г. до 35 млн м³ в 2025 г. и 78 млн м³ в 2035 г. Производство электроэнергии в регионах бассейна вырастет к 2035 г., по принятым документам, на 12–18 %. Коэффициент водооборота будет также расти. Преобладающее влияние оборотного водоснабжения приведет к сокращению объема водопотребления на производственные нужды к 2035 г. в 3 раза. В целом по российской части бассейна р. Урал объем полного водопотребления (водозабора) ощутимо снизится к 2025 г. и менее значительно в период 2025–2035 гг. Максимальное снижение объема водозабора произойдет на территории Оренбургской области.

Ключевые слова: бассейн реки Урал, хозяйственно-бытовое и питьевое водоснабжение, орошение, коэффициент водооборота программы развития, прогноз водопотребления

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2025-0002 Государственного задания ИВП РАН.

Для цитирования: Демин А.П. Оценка водопотребления в российской части бассейна трансграничной реки Урал на период до 2035 г. // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 94–104. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-94-104. EDN: ISESCZ

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-94-104

EDN: ISESCZ

ASSESSMENT OF WATER CONSUMPTION IN THE RUSSIAN PART OF THE TRANSBOUNDARY URAL RIVER BASIN FOR THE PERIOD UNTIL 2035

Alexander P. Demin

Institute of Water Problems, RAS, Moscow, Russia

deminap@mail.ru, ORCID: 0000-0002-0140-3181, ResearcherID: P-3396-2014, Scopus Author ID: 7103300046,

SPIN-code: 9447-6306

Abstract. The article aims to obtain forecast estimates of water consumption for domestic water use, production and irrigation needs as well as of total water consumption (water intake) in the Russian part of the transboundary Ural River for the short and medium term. The study was carried out on the basis of systematic and information-analytical approaches with the use of methods of logical and comparative analysis, qualitative and quantitative analysis of statistical data. Methodological approaches to forecasting water consumption are described.



© 2025 Эта работа Демина А.П. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Гидрология

Демин А.П.

Due to population decline, predicted by demographic forecast, and the ongoing reduction in specific water consumption per person, by 2035 the volume of domestic water use will decrease by 22%. The paper provides summary data on the commissioning of irrigated lands in 2010–2021 in three constituent entities of the Russian Federation located in the Ural basin. Due to the significant increase in irrigated areas and a slight increase in irrigation standards because of increasing aridity of the climate, water consumption for irrigation needs will increase from 20.7 million m³ in 2020 to 35 million m³ in 2025 and 78 million m³ in 2035. According to the adopted documents, by 2035 electricity production in the regions of the basin will increase by 12–18%. The water turnover coefficient will also increase. The predominant influence of recycled water supply will lead to a 3-fold reduction in water consumption for production needs by 2035. In general, in the Russian part of the Ural River basin, the total volume of water consumption (water intake) will significantly decrease by 2025, and less significantly – in the period 2025–2035. The maximum reduction in the water intake volume will occur in the Orenburg region.

Keywords: Ural River basin, domestic water supply, irrigation, water turnover coefficient, development programs, water consumption forecast

Funding. The work was carried out as part of the state assignment undertaken by the Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, project No. FMWZ-2025-0002.

For citation: Demin, A.P. (2025). Assessment of water consumption in the Russian part of the transboundary Ural River basin for the period until 2035. Geographical Bulletin. No. 1 (72). Pp. 94–104. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-94-104. EDN: ISESCZ

Введение

Урал – третья по длине река Европы (2428 км) с площадью бассейна (включая бессточные районы) около 380 тыс. км². Река относится к трансграничным водным объектам с 1991 г. со всеми присущими для этого проблемами совместного использования водных ресурсов. Верховье бассейна находится в Республике Башкортостан и Челябинской области, средний участок – в Оренбургской области, нижний участок – в Актыбинской, Западно-Казахстанской и Атырауской областях Республики Казахстан. Российская часть бассейна р. Урал занимает территорию площадью 123,2 тыс. км² [5].

Территория бассейна трансграничной р. Урал относится к регионам с высоким природно-ресурсным потенциалом и интенсивным аграрно-промышленным развитием. В бассейне функционирует сложившийся многоотраслевой водохозяйственный комплекс, основные участники следующие: водоснабжение всех категорий (промышленное, включая тепловые электростанции, коммунально-бытовое и сельскохозяйственное), орошаемое земледелие, прудовое рыбное хозяйство (в начальный период). Структура водопотребления в российской и казахстанской частях бассейна существенно различалась как в советский период, так и в настоящее время. Так как в пределах российской части бассейна сформированы крупные индустриальные центры, основная доля водных ресурсов используется на производственные нужды. В казахстанской части более 80 % воды расходуется на регулярное и лиманное орошение, а также на рыбное хозяйство [12, 29].

В числе главных последствий произошедших природных и антропогенных изменений – общее уменьшение стока воды р. Урал, снижение максимальных расходов и уровней воды в половодье со второй половины XX в., сокращение продолжительности затопления поймы и нерестилищ, загрязнение и цветение воды, зимние заморы рыбы и др. Трансграничный статус реки закреплен межгосударственными соглашениями. Согласно им и Протоколу заседания рабочей группы по бассейну р. Урал от 19.06.1996 г. регламентируются следующие объемы передаваемого с территории РФ на территорию РК стока Жайыка (Урала): в средние по водности годы – это 7,8 км³, в маловодные годы 75 % обеспеченности – 5,4 км³, в очень маловодные годы 95 % обеспеченности – 3 км³. За период с 1990 г. по 2017 г. договоренности по годовому стоку ни разу российской стороной не были нарушены [13].

Сценарные оценки изменений характеристик стока рек бассейна Урала под влиянием климатических изменений показывают, что к середине XXI в. при среднем варианте развития произойдет снижение среднегодового стока от 10–20 до 50 %. В результате общее сокращение стока и увеличение межгодовой его изменчивости приведут к увеличению повторяемости маловодных лет, включая годы с экстремально низкой водностью [14].

В связи с вышеперечисленными обстоятельствами прогноз водопотребления в этом бассейне является важной задачей. Целью данного исследования является получение прогнозных оценок водопотребления на хозяйственно-питьевые, производственные и нужды орошения, а также полного водопотребления (водозабора) в российской части трансграничной р. Урал на ближайшую и среднесрочную перспективу.

В [6] выполнен критический обзор исследований по прогнозированию водопотребления отдельных отраслей водохозяйственного комплекса и других показателей развития водного хозяйства по материалам российских и зарубежных специалистов. Показано, что большинство прогнозов, разработанных в конце XX – начале XXI вв. в России, не учитывало реальную экономическую ситуацию в стране и исходило из привлечения огромных средств в водное хозяйство. Не учитывались нестабильность национальной экономики и новые геополитические условия. Это приводило к завышенным прогнозным оценкам водопотребления, особенно в сельском хозяйстве, которые в дальнейшем не оправдывались.

В зарубежных исследованиях самая активная область – прогнозирование спроса на воду в городах. Проведена всесторонняя оценка основных неопределенностей в прогнозах нехватки воды, а также оценка влияния

Гидрология

Демин А.П.

этих неопределенностей на процесс планирования и принятия решений в региональном или глобальном масштабе. Подвергнут анализу широкий спектр возможных будущих условий, которые могут создать серьезные проблемы планирования для органов управления водными ресурсами в уязвимых регионах мира и речных бассейнах. Для оценки неопределенности использовался ансамбль прогнозов будущего дефицита воды, основанных на трех глобальных гидрологических моделях, пяти глобальных климатических моделях и трех водных сценариях.

Для обоснованных прогнозов водопотребления потребуется тщательно изучать региональные документы, разработанные в рамках программ «Чистая вода России» на предстоящий прогнозный период, государственных программ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия отдельных субъектов федерации (включающих подпрограммы развития мелиорации земель), региональных программ развития промышленности и энергетики.

Прогноз водопотребления в коммунально-бытовом секторе

Объем коммунального водопотребления в любом регионе определяется численностью жителей городов и прилегающих сельских населенных пунктов, а также величиной удельного водопотребления, выраженной в л/сутки на одного жителя, которая зависит от степени благоустройства населенных пунктов, т.е. от наличия водопроводов, канализации, централизованного горячего водоснабжения и от климатических условий. В величину удельного водопотребления включают и затраты воды на общегородские нужды: полив улиц и зеленых насаждений, обеспечение водой всех городских учреждений, а также промышленности, работающей на нужды городского населения и потребляющей воду высокого качества из городских водопроводов.

В целом по России и большинству федеральных округов в XXI веке отмечено существенное снижение среднесуточного водопотребления. Однако во многих субъектах федерации с пониженным уровнем благоустройства жилья и низким удельным водопотреблением такого снижения не наблюдалось. В связи с этим, на наш взгляд, для расчетов объемов водопотребления на коммунальные нужды на ближайшие 10–15 лет необходимо подходить дифференцированно, исходя из сложившихся региональных тенденций изменений удельного водопотребления и планов территориального развития по благоустройству жилья.

Оценка развития водопроводно-канализационного хозяйства России и обеспечения населения чистой питьевой водой должна опираться на Стратегию развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. [30] и федеральный проект «Чистая вода» национального проекта «Экология».

Основная цель данного проекта – повышение качества питьевой воды посредством модернизации систем водоснабжения и водоподготовки с использованием перспективных технологий [15]. Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, должна повыситься с 87,5 % в 2018 г. до 90,8 % в 2024 г., а по городскому населению – с 94,5 до 99 % соответственно.

Важнейшую роль играют демографические прогнозы, так как без них невозможно определить потенциальную водообеспеченность россиян и их потребность в объемах водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды в ближайшей перспективе. С 2010 года Федеральная служба государственной статистики периодически обновляет такие прогнозы по России в целом и отдельным субъектам РФ. Последним таким прогнозом является «Предположительная численность населения Российской Федерации до 2045 года» [23].

Во всех субъектах федерации, входящих в бассейн р. Урал, по прогнозу Росстата численность населения в среднесрочной перспективе будет снижаться (табл. 1). Максимальные темпы снижения населения до 2035 г. (13,9 %) прогнозируются в Оренбургской области, минимальные в Республике Башкортостан (3,8 %).

Таблица 1

Table 1

Фактическая и прогнозная численность постоянного населения по данным Росстата (в среднем за год, тыс. чел.)

The actual and forecast number of permanent population according to Rosstat (annual average, thousand people)

Субъект Федерации	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2035/2020 г.
Челябинская область	3460,2	3365,5	3277,7	3205,6	0,9264
Республика Башкортостан	4030,7	4038,4	3952,1	3876,8	0,9618
Оренбургская область	1951,8	1809,3	1742,0	1680,2	0,8608

В соответствии с проведенными нами расчетами численность населения в российской части бассейна р. Урал по среднему варианту развития снизится с 2,32 млн человек в 2020 г. на 0,26 млн к 2035 г.

В каждом из трех субъектов Федерации принимались государственные программы «Обеспечение качественными услугами жилищно-коммунального хозяйства населения» и региональные проекты «Чистая вода». Все они тщательно анализировались. В последние годы в подавляющем большинстве регионов за счет привлечения средств бюджетов, внебюджетных источников, займов и других инвестиций проводится комплекс водосберегающих мероприятий по рациональному расходованию воды в жилом фонде, активно внедряются общедомовые и квартирные водосчетчики, применяется улучшенная санитарно-техническая арматура, новые машины (посудомоечные, стиральные), приборы и насадки, позволяющие существенно экономить воду в быту. В результате

Гидрология

Демин А.П.

удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды на 1 человека в российской части бассейна р. Урал повсеместно сокращается.

С 2009 г. каждые три года стали публиковаться данные по числу индивидуальных приборов учета коммунальных ресурсов, устанавливаемых в многоквартирных домах всех субъектов федерации России, в том числе и приборов учета холодной воды. Поскольку тарифы на воду каждый год дорожают, граждане стали бережно относиться к этому важному ресурсу. Это хорошо видно на примере одного из регионов бассейна р. Урал, где последовательно приведены данные за 2009, 2012, 2015 и 2018 гг. (рис. 1).

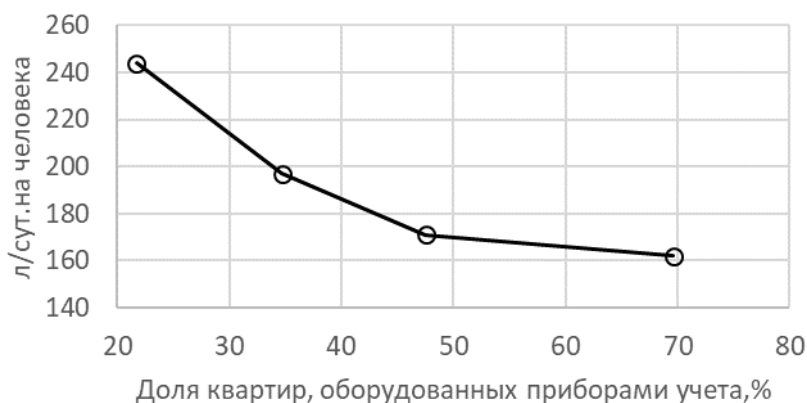


Рис. 1. Связь величины удельного использования воды на хозяйственно-питьевые нужды с долей квартир в многоквартирных домах Челябинской области, оборудованных приборами учета холодной воды

Fig.1. Relationship between the specific use of water for domestic needs and the share of apartments equipped with cold water meters in multi-apartment buildings in the Chelyabinsk region

Поскольку доля квартир, оборудованных приборами учета холодной воды, будет и дальше расти, а также улучшаться санитарно-техническая арматура, мы предполагаем дальнейшее снижение удельного водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды, но заметно меньшими темпами, чем ранее.

В соответствии с прогнозами Росстата по снижению численности населения и региональными прогнозами удельного водопотребления объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды в бассейне р. Урал снизится со 119 млн м³ в 2020 г. до 108 и 93 млн м³ в 2025 и 2035 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Фактический и прогнозный объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды в субъектах федерации бассейна р. Урал

The actual and forecast volume of domestic water use in the constituent entities of the Russian Federation located in the Ural River basin

Субъект Федерации	Объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды в бассейне р. Урал, млн м ³		
	2020 г.	2025 г.	2035 г.
Республика Башкортостан	7,93	7,77	6,8
Челябинская область	32,09	29,12	25,0
Оренбургская область	78,91	71,56	61,1
Итого бассейн р. Урал	118,94	108,45	92,9

Прогноз водопотребления в сельском хозяйстве

Для расчета прогнозных оценок водопотребления на орошение определяющее значение имеют достоверные оценки развития площадей орошаемых земель (ОЗ) по отдельным регионам, входящим в бассейн р. Урал. В каждом субъекте федерации в начале 2010-х гг. разрабатывались государственные программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Их составной частью являлись подпрограммы по развитию мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, где, в частности, планировались площади ввода ОЗ в эксплуатацию в результате строительства, реконструкции и технического перевооружения мелиоративных систем. Эти подпрограммы частично финансировались за счет средств федерального бюджета в соответствии с ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [32]. Позже развитие мелиорации определялось другими документами [20–21]. В табл. 3 приведены сводные данные по вводу в эксплуатацию ОЗ в субъектах федерации бассейна р. Урал (для всей территории, в том числе и не входящей в бассейн Урала).

Таблица 3

Table 3

Ввод в эксплуатацию орошаемых земель в результате строительства, реконструкции и технического перевооружения в субъектах федерации бассейна р. Урал, тыс. га [1–4]
Commissioning of irrigated lands as a result of construction, reconstruction, and technical re-equipment in the constituent entities of the Russian Federation in the Ural River basin, thousand hectares [1–4]

Субъект федерации	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Республика Башкортостан	1,20	1,70	1,80	2,00	0,68	1,28	0,91	0,60	1,00	0,60	0,70	0,50
Челябинская область	–	0,30	0,59	–	0,26	–	0,30	0,35	0,40	–	0,10	–
Оренбургская область	1,90	0,51	0,22	0,28	0,24	0,25	0,31	1,41	0,88	2,36	1,38	2,28

По данным сельскохозяйственной переписи, на 1 июля 2016 г. в Республике Башкортостан находилось 40477 га ОЗ, из них с фактически действующей оросительной системой на площади 5352 га [10]. По отчетам ФГБУ «Башмелиоводхоз», в последние годы фактически поливалось от 6 до 11 тыс. га земель [8]. В 2013–2021 гг. ежегодно вводили в эксплуатацию 0,5–2,0 тыс. га ОЗ. Всего за этот период было введено за счет нового строительства и реконструкции 7,8 тыс. га ОЗ.

Согласно подпрограмме «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развитие мелиоративного комплекса Республики Башкортостан», в регионе планируется вводить с 2021 по 2026 г. ежегодно от 0,47 до 0,65 тыс. га ОЗ [19]. В основном орошение будет развиваться в бассейне р. Камы. По нашим оценкам, площадь ввода ОЗ в 2027–2035 гг. будет по крайней мере не меньшей, чем в предыдущие годы.

По данным сельскохозяйственной переписи, на 1 июля 2016 г. в Челябинской области находилось 4492 га ОЗ, из них с фактически действующей оросительной системой на площади 2761 га [9]. В бассейне р. Урал находилось 1576 га ОЗ (35 % от суммарной площади по области). По отчетам ФГБУ «Челябмелиоводхоз», площадь ОЗ в 2010–2020 гг. составляла 62–68 тыс. га, из которых в последние годы фактически поливалось от 7 до 13 тыс. га земель [8]. В 2012–2020 гг. в отдельные годы вводили в эксплуатацию 0,10–0,59 тыс. га ОЗ. Всего за этот период было введено за счет нового строительства и реконструкции более 1,2 тыс. га ОЗ.

В соответствии с подпрограммой «Развитие отраслей агропромышленного комплекса» государственной программы Челябинской области «Развитие сельского хозяйства в Челябинской области», принятой в 2019 г., в регионе планировалось ввести в 2020 г. 80 га ОЗ [22], после чего новых объектов мелиорации в области вводить не предусматривалось.

По данным сельскохозяйственной переписи, на 1 июля 2016 г. в Оренбургской области находилось 12666 га ОЗ, из них с фактически действующей оросительной системой на площади 6018 га [11]. По отчетам ФГБУ «Оренбургмелиоводхоз», в последние годы фактически поливалось от 12 до 17 тыс. га земель [8]. В 2010–2021 гг., согласно ведомственной программе по развитию мелиоративного комплекса, ежегодно вводили в эксплуатацию 0,21–1,41 тыс. га ОЗ. Всего за этот период было введено за счет нового строительства и реконструкции по данной программе более 4,6 тыс. га ОЗ. Кроме того, с 2019 г. в области дополнительно реализуется федеральный проект «Экспорт продукции АПК», в рамках которого на мелиорацию выделяется значительно больше средств и вводится заметно больше ОЗ.

Согласно подпрограмме «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развитие мелиоративного комплекса», в регионе планировалось вводить с 2021 по 2024 г. ежегодно не менее 0,365 тыс. га ОЗ [17]. В основном ОЗ будут прирастать в бассейне р. Урал. Дополнительно по проекту «Экспорт продукции АПК» предусмотрен ввод в оборот в 2022 г. 2950 га ОЗ, в 2023 году – 3003 га [16]. Вероятно, существующие мощности позволят позже вводить ежегодно около 1,5–2,0 тыс. га ОЗ и до 2035 г.

В соответствии с представленными прогнозными данными площадь ОЗ в российской части бассейна р. Урал к 2025 г. должна составить около 35 тыс. га, а к 2035 г. около 56 тыс. га.

По прогнозам климатологов, в XXI в. на ЕТР ожидается увеличение расходной части водного баланса. Диапазон ожидаемого роста дефицита испарения может возрасти к 2030–2039 гг. для регионов Приволжского федерального округа от 30–60 мм для среднего и влажного сценариев до 90 мм для сухого сценария [7].

На изменение величины удельного водопотребления будут оказывать влияние две противоположные тенденции. С одной стороны, в результате роста засушливости климата и дефицита испарения частота поливов и оросительная норма должны увеличиваться. С другой стороны, в производстве все шире применяются водосберегающие и экологически безопасные технологии орошения. За период с 1999 по 2018 г. площадь капельного орошения, позволяющего резко снизить потребление воды, выросла в России с 0,9 до 83,4 тыс. га. Растет площадь, поливаемая современными экономичными дождевальными машинами. По нашим оценкам, в итоге к 2035 г. удельное водопотребление на 1 га может вырасти на 10–15 %, что и было заложено в расчеты.

Гидрология

Демин А.П.

Исходя из прогнозных площадей орошения и удельных норм водопотребления, характерных для каждого региона в связи с особенностями структуры посевных площадей, были рассчитаны объемы водопотребления на орошение сельскохозяйственных земель для каждого субъекта федерации. По прогнозу, в целом для российской части бассейна р. Урал объем водопотребления для этих целей увеличится с 20,7 млн м³ в 2020 г. до 35 млн м³ в 2025 г. и 78 млн м³ в 2035 г.

Прогноз водопотребления в секторе промышленности и энергетики

Водообеспечение промышленных предприятий требует высокой надежности ($P > 95\%$). На Верхнем Урале расположены крупные промышленные комплексы г. Магнитогорска. На Среднем Урале крупными потребителями являются промышленные комплексы гг. Оренбурга, Орска, Новотроицка, Кувандыка, Медногорска, Соль-Илецка и др. Наиболее крупными водопользователями в бассейне р. Урал являются объекты энергетики межрегионального и регионального значения – Ириклинская ГРЭС, Сакмарская ТЭЦ, Каргалинская ТЭЦ, Орская ТЭЦ №1, ТЭЦ ОАО «Уральская сталь» и др.

Различия в структуре промышленного производства субъектов федерации бассейна р. Урал в значительной степени отражаются на величине объема используемой воды на производственные нужды. Наиболее велики эти показатели в регионах с развитой энергетикой – Оренбургской и Челябинской областях.

Введение мощностей оборотного и повторно-последовательного водоснабжения является главной причиной снижения забора свежей воды для использования на производственные нужды. С 1995 по 2022 г. использование свежей вод в бассейне р. Урал на производственные нужды сократилось с 1,78 до 0,52 км³, оборотной и повторно-последовательной воды увеличилось с 4,94 до 5,67 км³, а суммарное водоснабжение снизилось с 6,72 до 6,19 км³. Коэффициент водооборота (отношение объема оборотного и повторно-последовательного водопотребления к валовому водопотреблению на производственные нужды) в целом по российской части бассейна Урала за этот период вырос с 73,5 до 91,6 %. Такие темпы существенно выше, чем в бассейнах других крупных рек.

Поскольку основная доля воды в промышленности расходуется на охлаждение реакторов ТЭС и ГРЭС, очень важное значение на изменения объема водопотребления в промышленности имеет также производство электроэнергии. Покажем влияние изменения величины Коб (X_1) и производства электроэнергии (X_2) за 1997–2021 гг. [25, 28] на динамику объема использования воды для производственных нужд на примере Оренбургской области.

Связь величины коэффициента водооборота и объема использования воды на производственные нужды очень тесная (рис. 2) и выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y = -47,573 X_1 + 4107,1 \quad R^2 = 0,961.$$

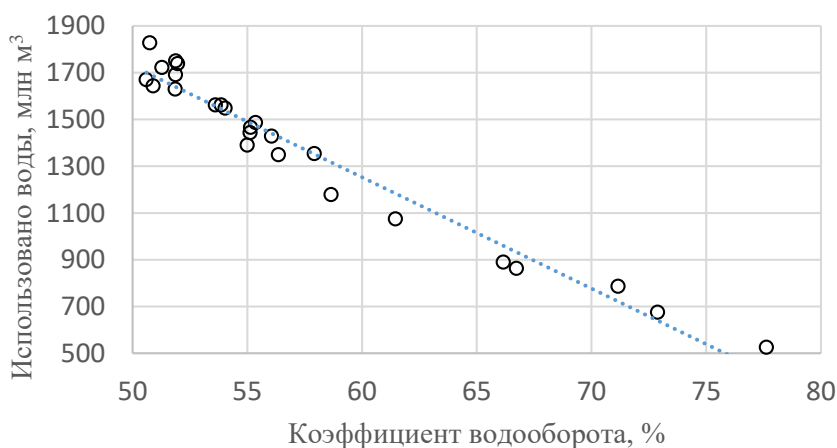


Рис. 2. Влияние коэффициента водооборота на объем использования воды на производственные нужды в Оренбургской области

Fig.2. The influence of the water turnover coefficient on the volume of water use for production needs in the Orenburg region

Связь величины производства электроэнергии и объема использования воды на производственные нужды менее тесная, но весьма существенная (рис. 3), и выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y = 132,16 X_2 - 687,79 \quad R^2 = 0,784.$$

Гидрология

Демин А.П.

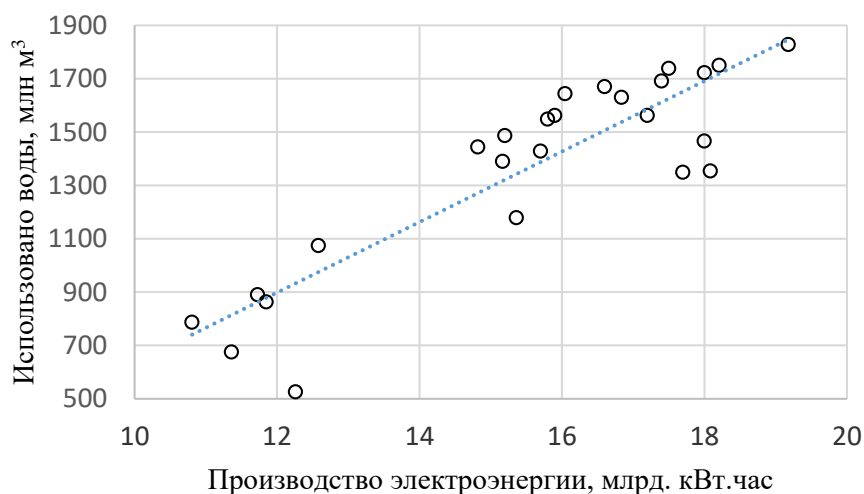


Рис. 3. Влияние величины производства электроэнергии на объем использования воды на производственные нужды в Оренбургской области

Fig.3. The influence of the electricity production volume on the water use volume for production needs in the Orenburg region

Такие связи находились для всех регионов бассейна р. Урал. Далее строились множественные уравнения регрессии зависимости объема использования воды на производственные нужды одновременно от величины коэффициента водооборота (X_1) и производства электроэнергии (X_2) за 1997–2021 гг. Получены достоверные множественные уравнения регрессии:

Для Оренбургской области $Y = -39,962 X_1 + 24,462 X_2 + 3241,58$ $R^2 = 0,970$

Для Республики Башкортостан $Y = -62,769 X_1 + 9,218 X_2 + 6005,96$ $R^2 = 0,534$

Для Челябинской области $Y = -73,582 X_1 + 4,747 X_2 + 7291,59$ $R^2 = 0,945$.

В Энергетической стратегии РФ [27] сформированы два прогнозных сценария, определяющие нижнюю и верхнюю границы значений целевых показателей и возможных изменений параметров топливно-энергетического баланса. В стране имеется потенциал энергосбережения, достигающий третьей части текущего энергопотребления, и существуют возможности значительного повышения экономической эффективности проектов в сфере энергетики. Уровни энергоемкости производства важнейших отечественных промышленных продуктов выше (хуже) среднемировых в 1,2–2 раза. В качестве одного из важнейших показателей реализации Энергетической стратегии предполагается снижение удельного расхода воды на мощность МВт (при аналогичных условиях водности) на 1 % к 2024 г. и на 2 % к 2035 г. по сравнению с 2018 г.

Прогноз производства электроэнергии по каждому субъекту Российской Федерации до 2025 г. приводится в Схеме и программе развития Единой энергетической системы России на 2022–2028 гг. [24]. Предполагается, что в Оренбургской области производство электроэнергии в 2025 г. увеличится по сравнению с 2020 г. на 12,6 %, в Республике Башкортостан на 17 %, в Челябинской области на 14 %.

Для предварительной оценки прогноза производства электроэнергии на 2035 г. мы использовали материалы Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. [26]. В ней приведен перечень атомных и тепловых электростанций, действующих и планируемых к сооружению, расширению, модернизации, а также выводу из эксплуатации. Из всех субъектов федерации бассейна р. Урал наибольшие изменения произойдут в энергосистеме Оренбургской области (крупные электростанции Республики Башкортостан и Челябинской области расположены за пределами бассейна). На Ириклинской ГРЭС в период 2021–2025 гг. будет выведено из строя два энергоблока, а установленная мощность электростанции снизится по сравнению с 2016–2020 гг. на 27 % [26]. В то же время будет увеличено производство электроэнергии на других ТЭЦ (Орская ТЭЦ-1, Сакмарская ТЭЦ, Каргалинская ТЭЦ, Медногорская ТЭЦ, ТЭЦ ОАО «Уральская сталь»), а также солнечных электростанциях [31], что позволит в целом постепенно увеличивать производство электроэнергии. В дальнейшем установленная мощность Ириклинской ГРЭС будет несколько повышаться за счет модернизации энергоблоков (на 6,6 %). В Челябинской и Башкортостанской энергосистемах рост мощности к 2031–2035 гг. будет увеличиваться за счет средних и мелких ТЭЦ.

По нашим ориентировочным оценкам, производство электроэнергии в Республике Башкортостан вырастет в 2035 г. относительно 2022 г. на 18,4 %, в Челябинской области на 12,2 %, в Оренбургской области на 17,2 %. Коэффициент водооборота к 2035 г. повысится в этих регионах до 94, 95,5 и 86 % соответственно

На основе полученных ранее уравнений множественной регрессии были рассчитаны прогнозные оценки использования воды на производственные нужды по субъектам федерации бассейна р. Урал (табл. 4).

Гидрология

Демин А.П.

Таблица 4

Table 4

Фактический и прогнозный объем использования воды на производственные нужды
в субъектах федерации бассейна р. Урал
The actual and forecast volume of water use for production needs in the constituent entities
of the Russian Federation in the Ural River basin

Субъект Федерации	Объем использования воды на производственные нужды в бассейне р. Урал, млн м ³		
	2020 г.	2025 г.	2035 г.
Республика Башкортостан	7,0	5,4	5,1
Челябинская область	100,8	92,5	66,0
Оренбургская область	652,9	227,0	166,0
Итого бассейн р. Урал	760,7	325,0	237,0

Во всех субъектах федерации российской части бассейна р. Урал произойдет сокращение промышленного водопотребления. Максимальным оно будет в Оренбургской области в результате существенного роста коэффициента водооборота и не очень значительного увеличения производства электроэнергии. В целом по бассейну объем водопотребления на производственные нужды снизится в 2025 г. по сравнению с 2020 г. на 57 %, а к 2035 г. – в 3,2 раза.

Прогноз объема использования воды на все нужды и полного водопотребления (водозабора)

Для всех субъектов федерации бассейна р. Урал расходы воды в трех основных блоках водопотребителей (ЖКХ, сельское хозяйство, промышленность и энергетика) составляют 85–98 % суммарного водопотребления на все нужды.

В связи с резким падением поголовья скота (в несколько раз) из-за кризиса в сельском хозяйстве в 1990-х – начале 2000-х гг. существенно снизилось водопользование на нужды сельскохозяйственного водоснабжения. Если раньше в субъектах федерации бассейна р. Урал его доля составляла 5–12 % в структуре суммарного водопотребления, то в последнее время она находится на уровне 0,1–0,7 %. Так как в региональных программах развития сельского хозяйства намечаются перспективы по развитию животноводства, в том числе мясного направления для реализации этой продукции на экспорт, следует ожидать некоторого роста сельскохозяйственного водоснабжения в субъектах федерации с аграрной специализацией.

Крайне малы расходы воды на нужды прудового рыбного хозяйства во всех регионах. Расходы воды на поддержание пластового давления существенны в Республике Башкортостан и составляют в разные годы 12–18 % суммарного водопотребления. Расходы воды на все остальные нужды, кроме вышеперечисленных, в большинстве субъектов федерации невелики и суммарно в общей структуре водопотребления равны максимально 1–5 %.

По ориентировочным расчетам, суммарный объем использования воды на все нужды в бассейне р. Урал снизится на 46,5 % к 2025 г. и 52 % к 2035 г. по сравнению с 2020 г. Наибольшие снижения объема водопотребления произойдут в Оренбургской области (при резком сокращении водопотребления на производственные нужды и заметном росте водопотребления на орошение).

Для расчета объемов полного водопотребления (водозабора) на среднесрочную перспективу мы использовали отношение объема использования воды на все нужды к объему водозабора, специфические для каждого субъекта федерации и в то же время довольно устойчивые во временном аспекте из-за существенной консервативности структуры водопотребления, которая меняется довольно медленно. В результате получены прогнозные величины объема водозабора по регионам бассейна р. Урал (табл. 5).

Таблица 5

Table 5

Фактический и прогнозный объем изъятия воды из водных источников (водозабора)
в субъектах федерации бассейна р. Урал

The actual and forecast volume of water withdrawal from water sources (water intake)
in the constituent entities of the Russian Federation in the Ural River basin

Субъект Федерации	Объем изъятия воды из водных источников в бассейне р. Урал, млн м ³		
	2020 г.	2025 г.	2035 г.
Республика Башкортостан	20,1	25,5	26,1
Челябинская область	162,9	159,0	119,0
Оренбургская область	791,9	350,0	322,0
Итого бассейн р. Урал	974,9	535,0	467,0

Гидрология

Демин А.П.

По нашим оценкам, объем водозабора в бассейне р. Урал ощутимо снизится к 2025 г. (на 45 % по сравнению с 2020 г.) и менее значительно в период 2025–2035 гг. Максимальное снижение объема водозабора произойдет на территории Оренбургской области в связи с дальнейшим развитием оборотного водоснабжения и снижением забора свежей воды для обеспечения производственных нужд.

Выводы

Представленный прогноз потребности в воде до 2035 г. имеет ориентировочный характер, исходит из принятого климатического сценария, разработанных программ социально-экономического и демографического развития и допущения, что экономических кризисов и природных катаклизмов в этот короткий период не произойдет.

Согласно демографическому прогнозу Росстата, численность населения на территории российской части бассейна р. Урал по среднему варианту развития снизится по сравнению с 2020 г. на 0,14 млн к 2025 г. и на 0,26 млн к 2035 г. Будет продолжаться снижаться удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды в расчете на 1 человека. Объем использования воды на хозяйственно-питьевые нужды снизится к 2035 г. на 22 %.

В соответствии с темпами роста, заложенными в региональных программах по развитию мелиорации земель, площадь орошаемых земель в российской части бассейна р. Урал к 2025 г. должна составить около 35 тыс. га, а к 2035 г. около 56 тыс. га. Объем водопотребления на орошение с учетом климатического сценария может вырасти до 35 млн м³ в 2025 г. и 78 млн м³ в 2035 г.

Объем потребления свежей воды на производственные нужды зависит в первую очередь от динамики коэффициента водооборота и спроса на электроэнергию. Оба показателя будут расти. Преобладающее влияние оборотного водоснабжения приведет к тому, что объем водопотребления на производственные нужды в бассейне Урала к 2035 г. сократится в 3 раза.

В целом по российской части бассейна р. Урал объем полного водопотребления (водозабора), по нашим оценкам, ощутимо снизится к 2025 г. и менее значительно в период 2025–2035 гг. Максимальное снижения объема водозабора произойдет на территории Оренбургской области.

Библиографический список

1. Агропромышленный комплекс России в 2013 году / МСХ РФ. М., 2014. 668 с.
2. Агропромышленный комплекс России в 2016 году / МСХ РФ. М., 2017. 721 с.
3. Агропромышленный комплекс России в 2018 году / МСХ РФ. М., 2019. 555 с.
4. Агропромышленный комплекс России в 2021 году / МСХ РФ. М., 2022. 553 с.
5. Демин А.П. Трансформация водопотребления и водоотведения в российской части бассейна трансграничной реки Урал // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 1. С. 82–93. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93 EDN: CJLRJM
6. Демин А.П., Зайцева А.В. Прогноз водопотребления в российской части бассейна Дона // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 5. С. 588–598. DOI: 10.31857/S0321059621050084 EDN: RKWKFR
7. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета). СПб; Саратов: Амирит, 2020. 120 с.
8. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга». URL: <https://inform-raduga.ru/fgbu> (дата обращения: 05.03.2024)
9. Земельные ресурсы и их использование // Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года в Челябинской области. Челябинск: Челябинскстат, 2018. Т. 3. 104 с.
10. Земельные ресурсы и их использование // Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по муниципальным образованиям Республики Башкортостан. Уфа: Башкортостанстат, 2018. Т. 3. 238 с.
11. Земельные ресурсы и их использование // Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по муниципальным образованиям Оренбургской области. Оренбург: Оренбургстат, 2018. Т. 3. 197 с.
12. Магрицкий Д.В., Ефимова Л.Е., Гончаров А.В., Кенжебаева А.Ж. Особенности современного водопользования в нижнем течении р. Урал, его проблемы и гидроэкологические последствия // Вопросы степеведения. 2022. № 1. С. 28–49. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-28-49 EDN: XSEVEV
13. Магрицкий Д.В., Кенжебаева А.Ж., Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Часть 2. Трансграничное водопользование и водный режим устья Урала // Вопросы степеведения. 2023. № 2. С. 17–42. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-2-17-42 EDN: NNKBJF
14. Магрицкий Д.В., Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М., Кисебаев Д.К. Научно-прикладное изучение стока рек в бассейне Урала в XX в. – начале XXI в. Часть 1. Сток и водный режим. Многолетние изменения // Вопросы степеведения. 2023. № 1. С. 25–44. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-25-44 EDN: BEIEOR
15. Паспорт федерального проекта «Чистая вода». URL: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-chistaya-voda> (дата обращения: 05.03.2024)
16. Перспективы развития мелиоративного комплекса обсудили в Минсельхозе РФ. URL: <https://mcx.orb.ru/presscenter/news/18705/> (дата обращения: 07.03.2024)
17. Постановление правительства Оренбургской области от 29 декабря 2018 года № 918-ПП «Об утверждении государственной программы "Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Оренбургской области"» (с изменениями на 18 апреля 2022 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/550349472> (дата обращения: 12.08.2024)
18. Постановление правительства Оренбургской области от 29 декабря 2018 года № 918-ПП «Об утверждении государственной программы "Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Оренбургской области"». URL: <https://docs.cntd.ru/document/550349472> (дата обращения: 07.03.2024)

Гидрология

Демин А.П.

19. Постановление правительства Республики Башкортостан от 21 августа 2020 года № 511 «Об утверждении государственной программы "Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Башкортостан" и о внесении изменений в некоторые решения Правительства Республики Башкортостан» (с изменениями на 1 июля 2022 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/570958727> (дата обращения: 07.03.2024)
20. Постановление правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 года № 1544 «О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» (с изменениями на 6 сентября 2018 года). URL: <http://docs.cntd.ru/document/556099836> (дата обращения: 07.03.2024)
21. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://docs.cntd.ru/document/603604725> (дата обращения: 07.03.2024)
22. Постановление правительства Челябинской области от 23 декабря 2019 года № 583-П «О государственной программе Челябинской области "Развитие сельского хозяйства в Челябинской области"» (с изменениями на 2 ноября 2021 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/570787650> (дата обращения: 07.03.2024)
23. Предположительная численность населения Российской Федерации до 2045 года (статистический бюллетень) / Росстат. М., 2023. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285> (дата обращения: 05.03.2024)
24. Приказ Минэнерго России от 28.02.2022 № 146 «Об утверждении схемы и программы развития Единой энергетической системы России на 2022–2028 годы». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404487690/> (дата обращения: 12.03.2024)
25. Производство и потребление электроэнергии в Российской Федерации. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/33942.do> (дата обращения: 12.03.2024)
26. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2017 г. № 1209-р «Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2035 года». URL: <http://government.ru/docs/28131/> (дата обращения: 12.03.2024)
27. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 12.03.2024)
28. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2005: стат. сб. / Росстат. М., 2006. 982 с.
29. Сивохин Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 504–516. DOI: 10.7868/S0321059617040162 EDN: YTGMPN
30. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. № 3268-р). URL: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf> (дата обращения: 05.03.2024)
31. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Оренбургской области на 2021–2025 годы. URL: <https://minpromenergo.orb.ru/upload/uf/5e8/de4372f195e250237fb131fea56f1069.pdf> (дата обращения: 12.03.2024)
32. Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». URL: <http://docs.cntd.ru/document/499051291> (дата обращения: 07.03.2024)

References

1. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2013 godu. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2014. 668 p.
2. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2016 godu. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2017. 721 p.
3. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2018 godu. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2019. 555 p.
4. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2021 godu. Moscow: Ministry of Agriculture of Russia, 2022. 553 p.
5. Demin A.P. Transformation of water consumption and disposal in the Russian part of the transboundary Ural River basin. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2023, vol. 18, no. 1. pp. 82–93. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-1-82-93
6. Demin A. P and Zaitseva A. V. Forecast of Water Consumption in the Russian Part of the Don // *Water Resources*, 2021, Vol. 48, no. 5, pp. 813–822. DOI: 10.1134/S0097807821050080
7. Doklad o nauchno-metodicheskikh osnovakh dlya razrabotki strategij adaptatsii k izmeneniyam klimata v Rossijskoj Federacii (v oblasti kompetencii Rosgidrometa). [Report on the scientific and methodological basis for the development of adaptation strategies to climate change in the Russian Federation (in the area of competence of Roshydromet)]. St. Petersburg-Saratov, Amirit Publishing House, 2020. 120 p.
8. Informacionnyj portal FGBNU VNII «Raduga», available at: <https://inform-raduga.ru/fgbu> (Accessed 07 March 2024).
9. Itogi Vserossijskoj sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 goda v Chelyabinskij oblasti. T.3: Zemel'nye resursy i ih ispol'zovanie. [Results of the 2016 All-Russian Agricultural Census in the Chelyabinsk Region. Vol. 3: Land resources and their use]. Chelyabinsk, Publishing house Chelyabinskstat, 2018. 104 p.
10. Itogi Vserossijskoj sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 goda po municipal'nym obrazovaniyam Respubliki Bashkortostan. T. 3: Zemel'nye resursy i ih ispol'zovanie. [Results of the 2016 All-Russian Agricultural Census for municipalities of the Republic of Bashkortostan. Vol. 3: Land resources and their use]. Ufa Publishing house Bashkortostanstat, 2018. 238 p.
11. Itogi Vserossijskoj sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 goda po municipal'nym obrazovaniyam Orenburgskoj oblasti. T. 3: Zemel'nye resursy i ih ispol'zovanie. [Results of the 2016 All-Russian Agricultural Census for municipalities of the Orenburg region. Vol. 3: Land resources and their use]. Orenburg, Publishing house Orenburgstat, 2018. 197 p.
12. Magritsky D.V., Efimova L.E., Goncharov A.V., Kenzhebaeva A.Zh. Features of modern water use in the lower reaches of the river. The Urals, its problems and hydroecological consequences. *Voprosy stepovedeniya*, 2022, no. 1. pp. 28–49. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-1-28-49

Гидрология

Демин А.П.

13. Magrickij D.V., Kenzhebaeva A.Zh., Sivohip Zh.T., Pavlechik V.M. Nauchno-prikladnoe izuchenie stoka rek v bassejne Urala v XX v. – nachale XXI v. Chast' 2. Transgranichnoe vodopol'zovanie i vodnyj rezhim ust'ya Urala. *Voprosy stepovedeniya*, 2023, no. 2. pp. 17–42. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-2-17-42
14. Magritsky D.V., Sivokhip Zh.T., Pavlechik V.M., Kisebaev D.K. Scientific and applied study of river flow in the Ural basin in the 20th century. – beginning of the 21st century. Part 1. Runoff and water regime. Long-term changes. *Voprosy stepovedeniya*, 2023, no. 1. pp. 25–44. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-1-25-44
15. Passport federal'nogo proekta «Chistaya voda». URL: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-chistaya-voda> (Accessed 05 March 2024).
16. Perspektivy razvitiya meliorativnogo kompleksa obsudili v Minsel'hoze RF, available at: <https://mcx.orb.ru/presscenter/news/18705/> (Accessed 07 March 2024).
17. Postanovlenie pravitel'stva Orenburgskoj oblasti ot 29 dekabrya 2018 goda № 918-PP «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy "Razvitie sel'skogo hozyajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya Orenburgskoj oblasti" (s izmeneniyami na 18 aprelya 2022 goda), available at: <https://docs.cntd.ru/document/550349472> (Accessed 12 March 2024).
18. Postanovlenie pravitel'stva Orenburgskoj oblasti ot 29 dekabrya 2018 goda № 918-PP «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy "Razvitie sel'skogo hozyajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya Orenburgskoj oblasti"», available at: <https://docs.cntd.ru/document/550349472> (Accessed 07 March 2024).
19. Postanovlenie pravitel'stva Respubliki Bashkortostan ot 21 avgusta 2020 goda № 511 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy "Razvitie sel'skogo hozyajstva i regulirovanie rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya v Respublike Bashkortostan" i o vnesenii izmenenij v nekotorye resheniya Pravitel'stva Respubliki Bashkortostan (s izmeneniyami na 1 iyulya 2022 goda), available at: <https://docs.cntd.ru/document/570958727> (Accessed 07 March 2024).
20. Postanovlenie pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 13 dekabrya 2017 goda N 1544 O vnesenii izmenenij v Gosudarstvennuyu programmu razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody (s izmeneniyami na 6 sentyabrya 2018 goda), available at: <http://docs.cntd.ru/document/556099836> (Accessed 07 March 2024).
21. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 maya 2021 g. N 731 "O Gosudarstvennoj programme effektivnogo вовлечения v оборот земель sel'skohozyajstvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii" (s izmeneniyami i dopolnениями), available at: <https://docs.cntd.ru/document/603604725> (Accessed 07 March 2024).
22. Postanovlenie pravitel'stva Chelyabinskoy oblasti ot 23 dekabrya 2019 goda № 583-P «O gosudarstvennoj programme Chelyabinskoy oblasti "Razvitie sel'skogo hozyajstva v Chelyabinskoy oblasti" (s izmeneniyami na 2 noyabrya 2021 goda), available at: <https://docs.cntd.ru/document/570787650> (Accessed 07 March 2024).
23. Predpolozhitel'naya chislennost' naseleniya Rossijskoj Federacii do 2045 goda (statisticheskij byulleten') / Rosstat. M.; 2023, available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13285> (Accessed 05 March 2024).
24. Prikaz Minenergo Rossii ot 28.02.2022 №146 "Ob utverzhdenii skhemy i programmy razvitiya Edinoj energeticheskoy sistemy Rossii na 2022–2028 gody, available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404487690/> (Accessed 12 March 2024).
25. Proizvodstvo i potreblenie elektroenergii v Rossijskoj Federacii, available at: <https://www.fedstat.ru/indicator/33942.do> (Accessed 12 March 2024).
26. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 iyunya 2017 g. № 1209-r ob utverzhdenii General'noj skhemy razmeshcheniya ob'ektov elektroenergetiki do 2035 goda, available at: <http://government.ru/docs/28131/> (Accessed 12 March 2024).
27. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 iyunya 2020 g. № 1523-r ob utverzhdenii Energeticheskoy strategii Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda, available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (Accessed 12 March 2024).
28. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. 2005: Stat. sb. [Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2005: Stat. collection]. Moscow, Rosstat Publishing House, 2006. 982 p.
29. Sivokhip Zh.T., Pavlechik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of sustainable water use in the transboundary basin of the Ural river. *Water resources*. 2017, V.44, No. 4. pp. 504–516. DOI: 10.7868/S0321059617040162
30. Strategiya razvitiya stroitel'noj otrasli i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom do 2035 goda (utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 31 oktyabrya 2022 g. № 3268-r), available at: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf> (Accessed 05 March 2024).
31. Skhema i programma perspektivnogo razvitiya elektroenergetiki Orenburgskoj oblasti na 2021–2025 gody, available at: <https://minpromenergo.orb.ru/upload/uf/5e8/de4372f195e250237fb131fea56f1069.pdf> (Accessed 12 March 2024).
32. Federal'naya celevaya programma «Razvitie melioracii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014–2020 gody», available at: <http://docs.cntd.ru/document/499051291> (Accessed 07 March 2024).

Статья поступила в редакцию: 15.04.24, одобрена после рецензирования: 22.08.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 15 April 2024; approved after review: 22 August 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторе

Александр Павлович Демин

доктор географических наук,
главный научный сотрудник лаборатории
моделирования поверхностных вод

Институт водных проблем РАН;

119333 Россия, г. Москва, ул. Губкина, д. 3

Information about the author

Alexander P. Demin

Doctor of Geographical Sciences, Chief Researcher,
Laboratory of Surface Water Modeling, Institute of Water
Problems of the Russian Academy of Sciences;
3, Gubkina st., Moscow, 119333, Russia

e-mail: deminap@mail.ru

Метеорология
Подрезова Ю.А.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.583.13

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115

EDN: MNLLOZ

**СОВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТИ
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ****Юлия Андреевна Подрезова**

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
umbassadorka@mail.ru

Аннотация. Цель – статистическая оценка происходящих климатических изменений в центральной и южной частях лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области.

Выполнен климато-статистический анализ средних годовых, сезонных и месячных норм температуры и осадков, их межгодовой изменчивости, а также характеристик трендов по данным двух репрезентативных метеостанций – Воронеж и Каменная степь – за два последовательных 30-летия: 1961–1990 гг. (базовый климат) и 1991–2020 гг. (современный климат), а также за период 1961–2023 гг.

Получено, что в период 1961–2023 гг., согласно наблюдениям обеих станций, имело место существенное потепление климата (для года – Воронеж на 3,1 °С, Каменная степь на 2,8 °С) при практически неизменных нормах годовых осадков (Воронеж 585 мм, Каменная степь 512 мм). Приводятся различные статистические показатели, численно, характеризующие изменения климата по станциям за три изучаемых периода.

В центральной и южной частях лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области по многолетним данным наблюдений репрезентативных метеостанций Воронеж и Каменная степь за 1961–2023 гг. отмечалось устойчивое закономерное потепление климата во все месяцы года. Годовые нормы температур и осадков за период 1961–2023 гг. составляли 6,7–6,9 °С и 512–585 мм соответственно. Климатические условия на обеих станциях были практически идентичными. Годовая сумма осадков на станции Каменная степь в году была на 14 % ниже, чем в Воронеже. При этом относительная межгодовая изменчивость осадков на обеих станциях являлась практически одинаковой. Каких-либо закономерных статистически значимых изменений годовых сумм осадков на каждой из станций не наблюдалось. Имели место только чисто случайные колебания сумм осадков от года к году около их климатических норм.

Ключевые слова: Воронежская область, лесостепная зона, карбоновый полигон, изменение климата, температура и осадки

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)».

Для цитирования: Подрезова Ю.А. Современное изменение климата в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 105–115. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115. EDN: MNLLOZ

METEOROLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115

EDN: MNLLOZ

**MODERN CLIMATE CHANGE IN THE CENTRAL AND SOUTHERN PARTS
OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE RUSSIAN PLAIN****Yuliia A. Podrezova**

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
umbassadorka@mail.ru



© 2025 Эта работа Подрезовой Ю.А. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Метеорология
Подрезова Ю.А.

Abstract. The study aims to statistically assess the ongoing climate changes in the central and southern parts of the forest-steppe zone of the Russian Plain, specifically in the Voronezh region.

The author conducted a climatic-statistical analysis of the average annual, seasonal, and monthly norms of temperature and precipitation, their interannual variability, and trend characteristics. Data were sourced from two representative weather stations – Voronezh and Kamennaya Steppe, for two consecutive 30-year periods: 1961–1990 (base climate) and 1991–2020 (modern climate), as well as for the extended period of 1961–2023.

The study showed significant warming observed at both stations from 1961 to 2023 (Voronezh: by 3.1°C, Kamennaya Steppe: by 2.8°C). In contrast, annual precipitation rates remained relatively unchanged (Voronezh: 585 mm, Kamennaya Steppe: 512 mm). The paper provides various statistical indicators numerically characterizing climate changes at these stations over the three studied periods.

In the central and southern parts of the forest-steppe zone of the Russian Plain in the Voronezh region, long-term observation data from the Voronezh and Kamennaya Steppe weather stations indicate a steady warming trend in all months of the year from 1961 to 2023. The annual norms of temperature and precipitation for the period of 1961–2023 were 6.7–6.9 °C and 512 – 585 mm, respectively. Climatic conditions at both stations were practically identical. The annual precipitation at the Kamennaya Steppe weather station was 14% lower than at the Voronezh station. The relative interannual variability of precipitation at both stations was practically identical. No regular statistically significant changes in annual precipitation totals were observed at the stations. There were only purely random fluctuations of precipitation totals from year-to-year near their climatic multiyear averages.

Keywords: Voronezh region, forest-steppe zone, carbon measurements test area, climate change, temperature, precipitation

Funding: The study was carried out as part of a state assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, No. 1023013000012-7 ‘Biogeochemical monitoring of the carbon cycle in natural and anthropogenic ecosystems of the Voronezh region under conditions of global climate change (FZUR-2023-0001)’.

For citation: Podrezova, Yu.A. (2025). Modern climate change in the central and southern parts of the forest-steppe zone of the Russian Plain. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 105–115. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-105-115. EDN: MNLLOZ

Введение

Проблема изменений современного глобального и региональных климатов за счет естественных и антропогенных факторов является одной из важнейших мировых проблем. В настоящее время для мониторинга и управления балансом парниковых газов, количественной верификации глобальных моделей изменений климата и изучения влияния растительности на баланс парниковых газов успешно используют карбоновые полигоны, расположенные в ряде областей России. Они позволяют разработать и испытать технологии дистанционного мониторинга парниковых газов и других значимых факторов для изучения климата. В дальнейшем полигоны могут быть использованы при оценке и прогнозировании изменений климата и их последствий, а также для адаптации к этим изменениям и обеспечения устойчивого социально-экономического развития. Одно из важных направлений исследований на карбоновых полигонах – изучение динамики характеристик метеорологических условий, оказывающих непосредственное влияние на процессы эмиссии и поглощения парниковых газов [2, 3, 4, 6, 16, 20].

Карбоновый полигон в Воронежской области FOR&ST CARBON имеет общую площадь 181,3 га и характеризует репрезентативные для лесостепной зоны Русской равнины типы экосистем, включая леса и земли сельскохозяйственного назначения [12]. Он охватывает следующие по площади и природным условиям участки.

1. Земли лесного фонда на территории Учебно-опытного лесхоза ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (158,2 га). Территория расположена в левобережном придолинно-террасовом районе типичной лесостепи Окско-Донской низменной равнины, которая представлена преимущественно лесными насаждениями: сосновые леса естественного происхождения, нагорная дубрава, смешанные искусственные насаждения сосны обыкновенной и берёзы повислой (лесные культуры);

2. Федеральный заказник «Каменная степь» (23,1 га), расположенный в Калачском овражно-балочном районе южной лесостепи лесостепной провинции Среднерусской возвышенности. На участке представлены агроэкосистемы: пашни с севооборотами, окружённые лесными полосами.

Объекты и методика исследований, исходные данные

Объектами данного исследования являются происходящие климатические изменения в центральной и южной частях лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области, где располагается карбоновый полигон FOR&ST CARBON, по данным репрезентативных метеорологических станций Воронеж (высота 107 м) и Каменная степь (высота 200 м, расположена примерно в 150 км к юго-востоку от Воронежа). Был выполнен климато-статистический анализ средних годовых, сезонных и месячных норм температуры и осадков, их межгодовой изменчивости, а также характеристик трендов на этих станциях за два последовательных 30-летия 1961–1990 и 1991–2020 гг., а также за период 1961–2023 гг. [5, 7, 8, 13, 14, 17, 21, 10]. При этом первое тридцатилетие (1961–1990 гг.), по рекомендации Всемирной Метеорологической Организации, является общим базисным 30-тилетием для сравнительной оценки наблюдаемых изменений климата, а второе (1991–2020 гг.) – последним стандартным 30-летием, характеризующим современный климат. Все использованные метеорологические данные находятся в свободном доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД [18], а также на сайте «Погода и климат» [18].

Метеорология
Подрезова Ю.А.

Для каждого из трех периодов были рассчитаны многолетние климатические нормы средних месячных, сезонных и годовых температур воздуха и сумм осадков, их средние квадратические отклонения-СКО (для осадков также коэффициенты вариации), характеристики линейных трендов, а также изменения самих температуры воздуха и осадков по найденным линейным трендам для этих периодов. Это позволило получить численные оценки современных изменений климата как в виде общих интегральных характеристик (нормы и их СКО), так и характеристик основной тенденции или динамики климатических изменений (тренды) [9, 11, 15, 19].

Результаты и их обсуждение

Климатические нормы средних месячных, сезонных, годовых температур и сумм осадков, их межгодовая изменчивость в периоды 1961–2023, 1961–1990 и 1991–2020 гг.

В табл. 1 приведены значения климатических норм средних месячных, сезонных и годовых температур по станциям Воронеж и Каменная степь, рассчитанные за общий использованный 63-летний период 1961–2023 гг. и два последовательных тридцатилетия: 1961–1990 (базовый климат) и 1991–2020 гг. (современный климат).

Таблица 1

Table 1

Нормы годовых, месячных и сезонных средних температур воздуха (°C) по станциям Воронеж
и Каменная степь за различные периоды осреднения
Norms of annual, monthly, and seasonal average air temperatures (°C) at the Voronezh and Kamennaya
Steppe meteorological stations for different averaging periods

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Станция Воронеж			Станция Каменная степь		
Год	6,1	7,5	6,9	6,0	7,3	6,7
Зима:	-7,4	-5,3	-6,2	-7,8	-6,0	-6,8
декабрь	-5,2	-4,3	-4,7	-5,6	-4,9	-5,2
январь	-8,8	-6,0	-7,3	-9,3	-6,7	-7,9
февраль	-8,1	-5,7	-6,8	-8,5	-6,4	-7,4
Весна:	6,8	8,0	7,4	6,6	7,8	7,2
март	-2,3	-0,3	-1,2	-2,7	-0,8	-1,7
апрель	7,7	8,7	8,3	7,7	8,6	8,2
май	14,9	15,5	15,1	15,0	15,6	15,2
Лето:	18,7	20,0	19,5	19,0	20,3	19,7
июнь	18,1	19,1	18,6	18,3	19,2	18,8
июль	19,6	21,1	20,4	19,8	21,3	20,6
август	18,4	19,9	19,3	18,9	20,3	19,8
Осень:	6,2	7,2	6,8	6,2	7,2	6,8
сентябрь	12,9	14,0	13,4	13,3	14,4	13,9
октябрь	6,0	7,4	6,8	5,8	7,4	6,7
ноябрь	-0,2	0,4	0,2	-0,5	0,0	-0,2

Как следует из этих данных, за 63-летний период наблюдений 1961–2023 гг. климатические нормы средних годовых температур по станциям Воронеж и Каменная степь были равными 6,9 и 6,7 °C соответственно. Статистически по t-критерию это означает их равенство на уровне значимости $q = 0,05$ (односторонняя альтернатива) [9, 11, 19]. При этом от первого периода ко второму произошло существенное и практически одинаковое повышение 30-летних норм по обеим станциям: по Воронежу от 6,1 до 7,5 °C, т.е. на 1,4 °C, а по Каменной степи от 6,0 до 7,3 °C, т.е. на 1,3 °C. Повышение норм в зимний сезон было наибольшим: по Воронежу от -7,4 до -5,3 °C, или на 2,1 °C, а по Каменной степи от -7,8 до -6,0 °C, т.е. на 1,8 °C. Наименьшим и равным по обеим станциям оно было осенью – от 6,2 до 7,2 °C, или на 1,0 °C. Весной и летом величины потеплений были несколько большими, но также одинаковыми на обеих станциях – весной на 1,2, а осенью на 1,3 °C. По отдельным месяцам значения потеплений колебались в более широких, но также близких пределах по обеим станциям: для Воронежа от 0,6 °C в мае и ноябре до 2,8 °C в январе, для Каменной степи от 0,5 °C в ноябре до 2,6 °C в январе.

Средние квадратические отклонения (СКО) в период 1961–2023 гг. для годовых температур были также практически одинаковыми по обеим станциям и составили по Воронежу 1,3 °C, а по Каменной степи 1,2 °C. Статистически по F-критерию это означает равенство дисперсий температур на уровне значимости $q = 0,05$ (односторонняя альтернатива) [9, 11, 19]. Значения СКО для средних месячных температур, как и следовало ожидать, были значительно больше: по Воронежу для центральных месяцев сезонов – января, апреля, июля, октября – они равнялись 3,9, 2,3, 1,9, 1,9 °C соответственно, а для Каменной степи – 3,8, 2,4, 1,9, 2,0 °C.

Таким образом, обращает на себя внимание очень важный факт: практическое равенство в период 1961–2023 гг. как норм температуры по обеим станциям, так и ее межгодовой изменчивости, являющихся одними из основных показателей климата.

Метеорология
Подрезова Ю.А.

В таблице 2 аналогично табл. 1 приведены значения норм осадков для трех исследуемых периодов. Из этих данных следует, что за период 1961–2023 гг. годовая норма осадков по станции Воронеж составила 585 мм, тогда как по станции Каменная степь только 512 мм, т.е. на 73 мм, или 14 %, меньше, что является статистически значимым отличием при $q = 0,05$. От 30-летия 1961–1990 гг. к 30-летию 1991–2020 гг. годовые суммы осадков по обеим станциям практически не изменились: по Воронежу они уменьшились на 10 мм (2 %), а по Каменной степи возросли на 5 мм (1 %). При этом сезонные суммы осадков по обеим станциям колебались от первого периода ко второму также в небольших пределах, до ± 5 % и реже до 10–14 %: станция Воронеж зима – рост на 5 мм (4 %), весна – рост на 12 мм (10 %), лето – понижение на –27 мм (–14 %), осень – без изменений; Каменная степь зима – рост на 5 мм (6 %), весна – рост на 4 мм (4 %), лето понижение на –1 мм (менее –1 %), осень – понижение на –3 мм (–2 %).

Таблица 2

Table 2

Нормы годовых, месячных и сезонных сумм осадков (мм) по метеорологическим станциям Воронеж
и Каменная степь за различные периоды осреднения
Norms of annual, monthly, and seasonal precipitation (mm) at the Voronezh
and Kamennaya Steppe meteorological stations for different averaging periods

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Воронеж			Каменная степь		
Год	581	571	585	504	509	512
Зима:	124	129	129	105	110	109
декабрь	51	48	52	45	39	42
январь	40	42	42	35	39	37
февраль	32	39	36	25	32	29
Весна:	116	128	123	103	107	106
март	30	38	35	25	30	28
апрель	40	41	42	34	32	34
май	46	48	47	44	45	44
Лето:	197	170	185	161	160	161
июнь	69	61	66	57	60	60
июль	72	58	66	56	62	58
август	56	51	53	48	38	43
Осень:	145	145	149	135	132	136
сентябрь	54	51	53	49	46	48
октябрь	39	51	46	38	48	44
ноябрь	52	43	49	49	38	45

Таким образом, можно считать, что в период 1961–2023 гг. годовая норма осадков по станции Воронеж составила 585 мм и была статистически значимо больше, чем в Каменной степи, где она равнялась 512 мм. При этом годовые и сезонные суммы осадков по обеим станциям в два смежных 30-летия 1961–1990 и 1991–2020 гг. заметным образом не изменились и были примерно равны нормам по каждой из станций за период 1961–2023 гг.

Средние квадратические отклонения – СКО мм и коэффициенты вариации (С, %) в период 1961–2023 гг. для годовых сумм осадков составили по станции Воронеж 113 мм (19 %), а для Каменной степи они были меньше, а именно 84 мм (16 %). Значения СКО и коэффициентов вариации для сумм осадков центральных месяцев сезонов – января, апреля, июля, октября – были равны: по Воронежу 22 мм (52 %), 27 мм (65 %), 32 мм (49 %), 28 мм (61 %), а для Каменной степи 18 мм (48 %), 23 мм (66 %), 33 мм (56 %), 22 мм (51 %) соответственно.

Можно сказать, что, хотя годовые нормы осадков в Каменной степи на 14 % ниже, чем в Воронеже, их относительная межгодовая изменчивость, выражаемая коэффициентами вариации, практически одинакова: разница коэффициентов вариации составляет всего 3 %, а для центральных месяцев сезонов она колеблется в пределах ± 5 –10 %.

Динамика изменения средних месячных, сезонных и годовых температур в периоды 1961–2023, 1961–1990, 1991–2020 гг.

Для изучения временных изменений средних месячных и годовых температур на станциях в период 1961–2023 гг. и двух 30-летий 1961–1990 (базовый климат) и 1961–2020 гг. (современный климат) использовался анализ трендов и скользящих 11-летних средних. Период отсечения в 11 лет взят только потому, что он соответствует наиболее изученной периодичности солнечной активности, и если ее влияние на ряды температуры и осадков имело место, то эта периодичность проявится в кривых 11-летних скользящих средних.

На рис. 1а, б показан временной ход средних годовых температур за 1961–2023 гг. по обеим станциям (точки) и аппроксимация его линейными трендами (прямые линии), а также кривые 11-летних скользящих средних. Хорошо видно, что 11-летней и какой-либо иной периодичности во временных рядах годовых температур

Метеорология
Подrezова Ю.А.

нет. Эти 11-летние кривые, слабо колеблясь, дают достаточно закономерное повышение температур от начала к концу периода, хорошо аппроксимируемые прямыми линейными трендами. Однако 11-летняя кривая четко показывает, что скорость роста температуры не являлась постоянной в течение всего периода. Она была более низкой на интервале 1961–1990 гг. и заметно более высокой на интервале после 1990 г. Поэтому следует рассчитать и проанализировать угловые коэффициенты линейных трендов температуры за три периода: b_1 – 1961–1990 гг., b_2 – 1991–2020 гг. и b_3 – за весь период 1961–2023 гг. (эти индексы для трендов всюду будем использовать ниже). Наглядно все это видно на двух графиках рис. 1в, г, где показаны два тренда, рассчитанные отдельно, для каждого из двух смежных 30-летий.

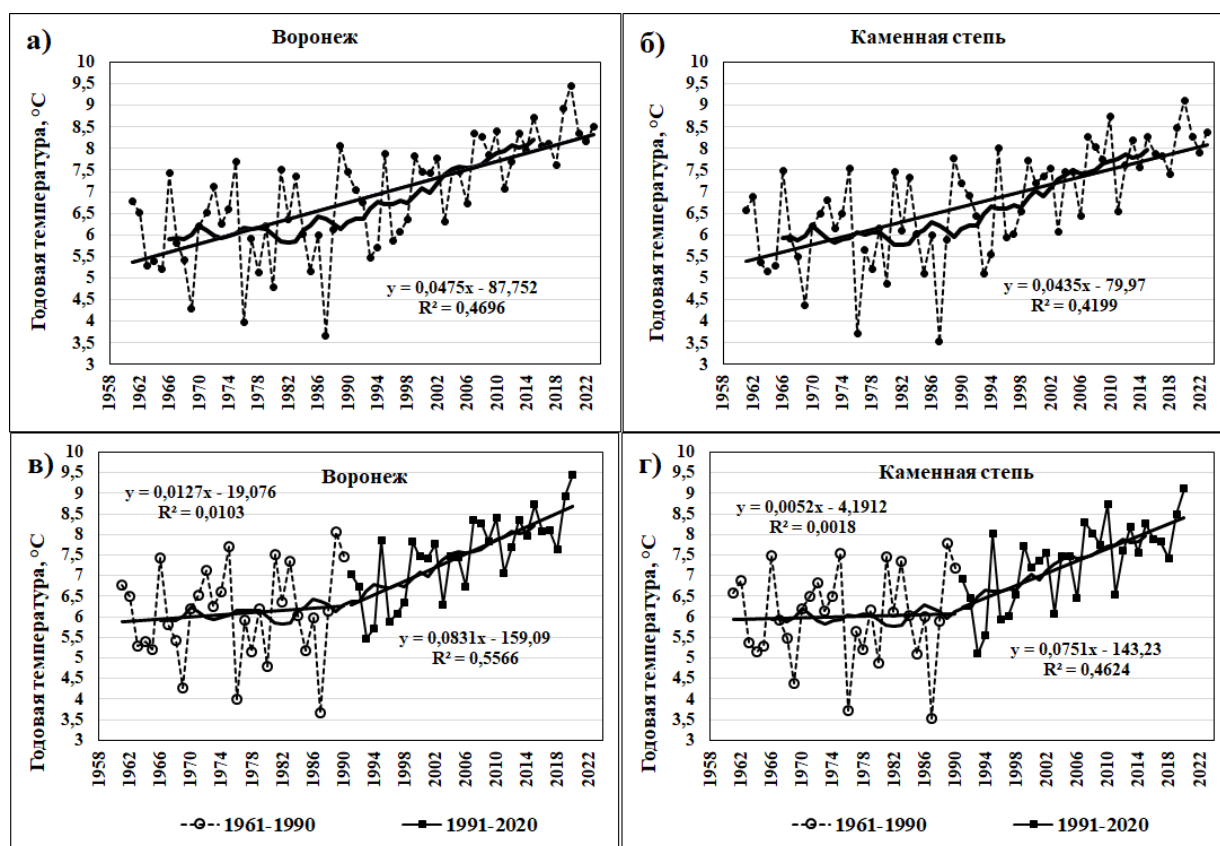


Рис. 1. Ход годовых температур по метеостанции Воронеж (а) и Каменная степь (б) за весь период наблюдений 1961–2023 гг. и за периоды 1961–1990 и 1991–2020 гг. (в, г) с линиями и уравнениями линейных трендов и кривыми их 11-летних скользящих средних

Fig. 1. The course of annual temperatures at the Voronezh (a) and Kamennaya Steppe (б) weather stations for the entire observation period of 1961–2023 and for the periods of 1961–1990 and 1991–2020 (в, г) with lines and equations of linear trends and curves of their 11-year moving averages

В таблице 3 для средних месячных и годовых температур по обеим станциям приведены рассчитанные для трех названных периодов значения трендов b_1 , b_2 , b_3 , выраженных, как это принято, в °C/10 лет. При этом темным выделены статистически значимые по F-критерию Фишера значения трендов на уровне доверительной вероятности $p = 0,95$ (уровень значимости $q = 0,05$).

Из данных табл. 3 следует, что угловые коэффициенты b_3 , соответствующие общему периоду 1961–2023 гг., по обеим станциям для года и всех месяцев положительны, когда наблюдалось только потепление, и статистически значимы (исключение только май и ноябрь). При этом для года по станции Воронеж $b_3 = 0,475$ °C/10 лет, а по станции Каменная степь он несколько меньше – $b_3 = 0,435$ °C/10 лет. По различным месяцам для станции Воронеж значения b_3 были максимальны в январе ($b_3 = 0,814$ °C/10 лет) и минимальны в мае ($b_3 = 0,192$ °C/10 лет), по станции Каменная степь они также были максимальны в январе ($b_3 = 0,749$ °C/10 лет) и минимальны в мае ($b_3 = 0,185$ °C/10 лет). Следовательно, по обеим станциям для года и всего периода 1961–2023 гг. имела место практически одинаковая скорость потепления с хорошо выраженной синхронностью интенсивности потепления в годовом ходе, когда максимальные скорости соответствовали не просто зиме, а январю месяца, а минимальные концу весны – маю месяцу.

Метеорология
Подрезова Ю.А.

Таблица 3

Table 3

Значения угловых коэффициентов трендов средних месячных и годовых температур b_1, b_2, b_3 ($^{\circ}\text{C}/10$ лет))
за периоды 1961–1990, 1991–2020 и 1961–2023 гг. по станциям Воронеж и Каменная степь
The angular coefficients of trends in average monthly and annual temperatures b_1, b_2 and b_3 ($^{\circ}\text{C}/10$ years))
for the periods of 1961–1990, 1991–2020, and 1961–2023 at the Voronezh and Kamennaya Steppe stations

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Воронеж			Каменная степь		
Год	0,127	0,831	0,475	0,052	0,751	0,435
декабрь	0,267	1,724	0,494	0,191	1,521	0,408
январь	1,222	-0,279	0,814	1,086	-0,303	0,749
февраль	0,528	0,804	0,773	0,293	0,747	0,672
март	0,610	0,986	0,685	0,345	1,021	0,611
апрель	0,199	0,344	0,339	0,199	0,297	0,346
май	0,045	0,931	0,192	0,034	0,826	0,185
июнь	0,187	0,748	0,344	0,231	0,604	0,305
июль	-0,263	0,618	0,438	-0,246	0,666	0,424
август	-0,225	1,054	0,587	-0,304	1,020	0,553
сентябрь	-0,242	1,109	0,340	-0,304	0,982	0,312
октябрь	-0,215	0,667	0,400	-0,223	0,528	0,411
ноябрь	-0,586	1,261	0,293	-0,682	1,099	0,249

Из данных табл. 3 также видно, что скорости потепления в 30-летие 1991–2020 гг. были существенно выше, чем в 1961–1990 гг.: по Воронежу максимум $b_2 = 1,724$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет, а по Каменной степи максимум $b_2 = 1,521$ $^{\circ}\text{C}/10$ лет, и оба наблюдались зимой. Характерным является также то обстоятельство, что для 30-летия 1961–1990 гг. из 12 месяцев в году в 5-ти из них, с июля по ноябрь, значения b_1 были отрицательны, т.е. имело место не потепление, а похолодание.

Для еще более наглядной картины характера наблюдаемых временных изменений температуры по линейным трендам по обеим станциям были рассчитаны непосредственно значения ее изменений $\Delta T_1, \Delta T_2$ и ΔT_3 в $^{\circ}\text{C}$, соответствующие периодам 1961–1990, 1991–2020, 1961–2023 гг., показанные в табл. 4.

Таблица 4

Table 4

Значения изменений средних месячных, сезонных и годовых температур $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ ($^{\circ}\text{C}$)
за периоды 1961–1990, 1991–2020, 1961–2023 гг. по станциям Воронеж и Каменная степь
Changes in average monthly, seasonal, and annual temperatures $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ ($^{\circ}\text{C}$)
for the periods of 1961–1990, 1991–2020, and 1961–2023 at the Voronezh and Kamennaya Steppe stations

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Воронеж			Каменная степь		
Год	0,4	2,5	3,1	0,2	2,3	2,8
Зима:	2,0	2,2	4,5	1,6	2,0	4,0
декабрь	0,8	5,2	3,2	0,6	4,6	2,7
январь	3,7	-0,8	5,3	3,3	-0,9	4,9
февраль	1,6	2,4	5,0	0,9	2,2	4,4
Весна:	0,9	2,3	2,6	0,6	2,1	2,5
март	1,8	3,0	4,5	1,0	3,1	4,0
апрель	0,6	1,0	2,2	0,6	0,9	2,2
май	0,1	2,8	1,2	0,1	2,5	1,2
Лето:	-0,3	2,4	3,0	-0,3	2,3	2,8
июнь	0,6	2,2	2,2	0,7	1,8	2,0
июль	-0,8	1,9	2,8	-0,7	2,0	2,8
август	-0,7	3,2	3,8	-0,9	3,1	3,6
Осень:	-1,0	3,0	2,2	-1,2	2,6	2,1
сентябрь	-0,7	3,3	2,2	-0,9	2,9	2,0
октябрь	-0,6	2,0	2,6	-0,7	1,6	2,7
ноябрь	-1,8	3,8	1,9	-2,0	3,3	1,6

Метеорология
Подрезова Ю.А.

По данным линейных трендов, в целом за период в 63 года произошло достаточно интенсивное потепление климата. Для годовых температур и общего периода 1961–2023 гг. по станции Воронеж увеличение температуры воздуха составило 3,1 °С, а по Каменной степи – 2,8 °С, т.е. значения потеплений были почти одинаковыми. Трендовые оценки годовых температур для кратных десятилетий по обеим станциям оказались также практически равными. При этом оценки на 2030 г. следует рассматривать как статистический прогноз.

Таблица 5
Table 5

Оценки годовых температур, рассчитанные по трендам b_3 за период 1961–2023 гг.
для кратных десятилетий по станциям Воронеж и Каменная степь

Estimates of annual temperatures calculated using b_3 trends for the period of 1961–2023 for round-number decades
at the Voronezh and Kamennaya Steppe stations

Год/станция	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Воронеж	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,7	8,2	8,7
Каменная степь	5,3	5,7	6,2	6,6	7,0	7,5	7,9	8,3

Примечание: По сезонам больше всего потеплел зимний период (МС Воронеж на 4,5 °С и МС Каменная степь на 4,0 °С), лето также стало сильно жарче (на 3,0 °С для МС Воронеж и на 2,8 °С для МС Каменная степь). Температуры весеннего сезона увеличились на 2,5–2,6 °С, а осеннего на 2,0–2,2 °С.

Note: By season, the winter period warmed the most (by 4.5°C at the Voronezh MS and by 4.0°C at the Kamennaya Steppe MS); summer also became much hotter (by 3.0°C at the Voronezh MS and by 2.8°C at the Kamennaya Steppe MS). Spring season temperatures increased by 2.5–2.6 °C, fall temperatures – by 2.0–2.2 °C.

Если рассматривать трендовые изменения температур в два последовательные тридцатилетия 1961–1990 и 1991–2020 гг. по сезонам года, то можно заметить, что зимой в оба периода имело место устойчивое потепление на обеих станциях: в Воронеже на 2,0 и 2,2 °С, а в Каменной степи на 1,6 и 2,0 °С соответственно. В остальные сезоны в период 1961–1990 гг. на обеих станциях было или очень слабое потепление и даже похолодание от -1 до -1,2 °С, тогда как в период 1991–2020 гг. имело место только существенное потепление в пределах 2–3 °С.

Динамика изменения средних месячных, сезонных и годовых сумм осадков в периоды 1961–2023, 1961–1990, 1991–2020 гг.

На рисунке 2а, б аналогично температуре воздуха показан временной ход средних годовых сумм осадков за 1961–2023 гг. по обеим станциям (точки) и аппроксимация его линейными трендами (прямые линии) с угловым коэффициентом b_3 , а также кривые 11-летних скользящих средних. На рис. 2в, г показаны две линии трендов, рассчитанные для 1961–1990 (угловой коэффициент b_1) и 1991–2020 гг. (угловой коэффициент b_2). На поле графиков приведены уравнения всех трендов.

Хорошо видно, что для обеих станций прямые линии трендов для годовых сумм осадков имеют очень слабый наклон для общего периода 1961–2023 гг., что соответствует малым и статистически не значимым угловым коэффициентам b_3 . Для периодов 1961–1990 и 1991–2020 гг. (рис. 2б) только один тренд для Воронежа (зима 1961–1990 гг.) имеет статистически значимое значение $b_1 = 48,215$ мм/10 лет. Это и следовало ожидать из анализа данных о практической неизменности годовых норм осадков по периодам 1961–1990 и 1991–2020 гг., который был сделан в начале статьи.

В таблице 6 приведены значения угловых коэффициентов b_1 , b_2 и b_3 , полученные для периодов 1961–1990, 1991–2020, 1961–2023 гг. соответственно и для наглядности выраженные, как это принято, в мм/10 лет. Дополнительно в табл. 7 приведены значения трендовых изменений сумм осадков в процентах от их норм, которые соответствуют угловым коэффициентам табл. 6.

Прежде всего обращает на себя внимание то важное обстоятельство, что большинство трендов табл. 6 статистически не значимы (не значимы 74 трендов из 78, или 95 %). Это является следствием трех факторов: относительно малого периода наблюдений, большой временной изменчивости осадков и малых значений фактически наблюдаемых модулей трендов. Значимыми оказались только 4 угловые коэффициента округленно со значениями 10 мм/10 лет и более. Напомним, что, незначимость трендов, с точки зрения положений статистики, означает, что они являются чисто случайными и могут быть приняты как нулевые.

В результате из данных табл. 6, 7 можно сделать только один достаточно достоверный вывод: фактически наблюдаемые угловые коэффициенты линейных трендов месячных и годовых сумм осадков в изучаемые периоды по станциям Воронеж и Каменная степь, как правило, колебались случайным образом, принимая близкие к нулевым как положительные, так и отрицательные значения, и являлись статистически не значимыми. Этот вывод, разумеется, соответствует и самим значениям изменений осадков, рассчитанным по угловым коэффициентам трендов.

Метеорология
Подрезова Ю.А.

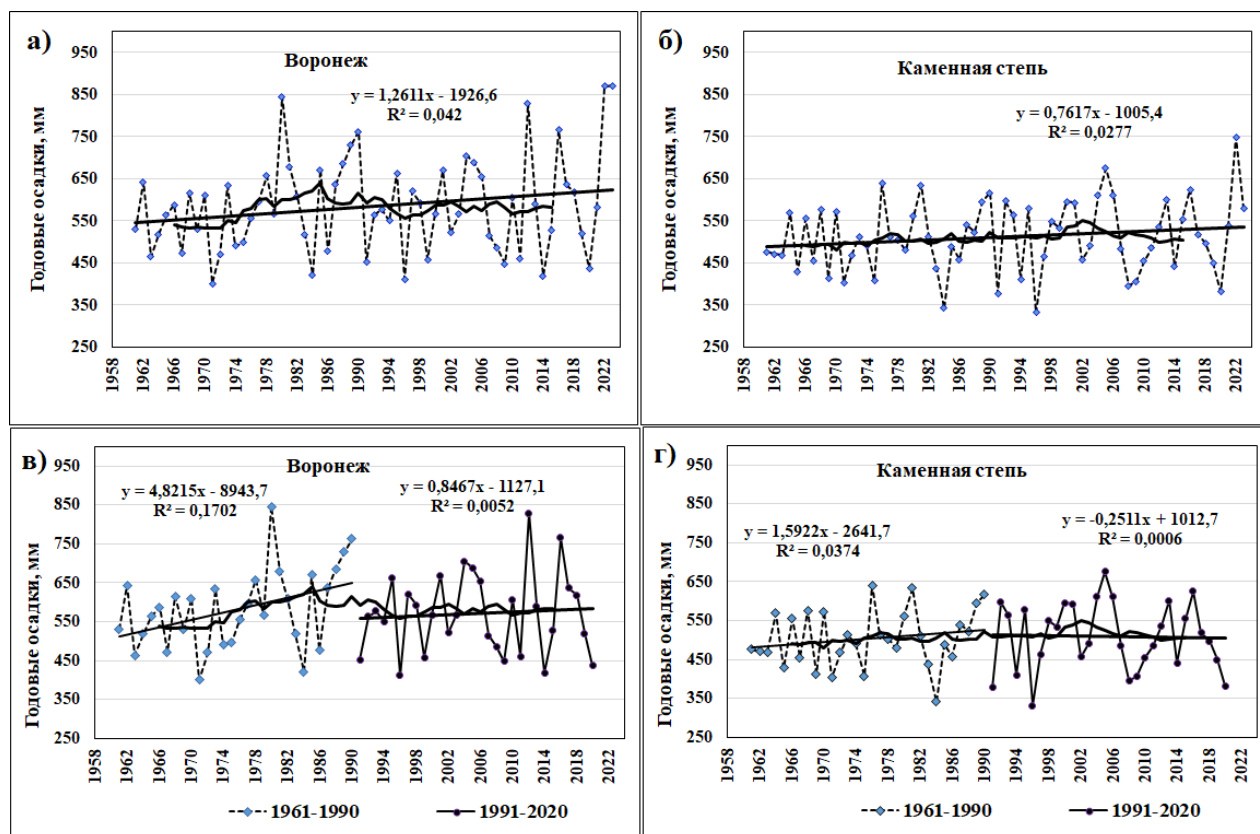


Рис. 2. Ход годовых сумм осадков по метеостанции Воронеж (а) и Каменная степь (б) за весь период наблюдений 1961–2023 гг. и за периоды 1961–1990 и 1991–2020 гг. (в, г) с линиями и уравнениями линейных трендов, а также кривыми 11-летних скользящих средних

Fig. 2. Variation of annual precipitation amounts at the Voronezh (а) and Kamennaya Steppe (б) weather stations for the entire observation period of 1961–2023 and for the periods of 1961–1990 and 1991–2020 (в, г) with lines and equations of linear trends and curves of 11-year moving averages

Таблица 6

Table 6

Значения угловых коэффициентов трендов средних месячных и годовых сумм осадков b_1 , b_2 и b_3 (мм/10 лет) за периоды 1961–1990, 1991–2020, 1961–2023 гг. по станциям Воронеж и Каменная степь (статистически значимые тренды выделены жирным)

The angular coefficients of trends in average monthly and annual precipitation amounts b_1 , b_2 , and b_3 (mm/10 years) for the periods of 1961–1990, 1991–2020, and 1961–2023 at the Voronezh and Kamennaya Steppe stations (statistically significant trends are highlighted in bold)

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Воронеж			Каменная степь		
Год	48,215	8,467	12,611	15,922	-2,511	7,617
декабрь	-4,715	5,832	1,107	-4,257	0,469	-1,280
январь	4,807	8,578	2,286	2,064	7,139	1,930
февраль	-0,941	1,558	1,785	-1,570	-0,271	2,265
март	-5,645	3,503	2,023	-2,907	0,997	1,466
апрель	2,558	8,822	2,598	3,127	9,886	1,747
май	-5,279	2,370	0,131	-0,974	-1,209	-0,428
июнь	29,174	-4,453	1,697	6,643	-1,059	2,747
июль	3,395	-1,811	-1,852	0,302	-4,766	0,060
август	6,119	2,701	-1,034	-6,722	1,072	-3,023
сентябрь	13,337	-14,527	0,213	18,736	-8,078	0,843
октябрь	5,212	-7,640	3,629	0,889	-5,549	2,464
ноябрь	0,193	3,531	0,026	0,593	-1,142	-1,175

Метеорология
Подрезова Ю.А.

Таблица 7

Table 7

Значения изменений месячных, сезонных и годовых сумм осадков ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 в % от норм за периоды 1961–1990, 1991–2020, 1961–2023 гг. по станциям Воронеж и Каменная степь

Changes in monthly, seasonal, and annual precipitation amounts ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 in % of norms for the periods of 1961–1990, 1991–2020, and 1961–2023 at the Voronezh and Kamennaya Steppe stations

Год, сезон, месяц	Периоды осреднения			Периоды осреднения		
	1961–1990	1991–2020	1961–2023	1961–1990	1991–2020	1961–2023
	Воронеж			Каменная степь		
Год	24,9	4,4	14,0	8,2	-1,3	8,5
Зима:	-2,1	37,3	26,1	-9,1	17,1	14,7
декабрь	-27,5	36,6	14,0	-24,8	2,9	-16,1
январь	35,8	61,1	35,6	15,4	50,8	30,1
февраль	-8,9	12,1	32,6	-14,8	-2,1	41,4
Весна:	-21,7	34,5	25,1	-2,0	22,7	14,7
март	-56,1	27,5	37,8	-28,9	7,8	27,4
апрель	19,2	64,5	40,5	23,5	72,3	27,2
май	-34,8	14,7	1,8	-6,4	-7,5	-5,9
Лето:	58,8	-6,3	-4,2	0,3	-8,4	-0,8
июнь	126,4	-22,0	16,7	28,8	-5,2	27,1
июль	14,1	-9,4	-18,2	1,3	-24,8	0,6
август	32,8	15,7	-12,8	-36,0	6,2	-37,4
Осень:	38,9	-38,5	16,9	41,9	-30,6	9,3
сентябрь	74,4	-86,3	2,6	104,5	-48,0	10,3
октябрь	40,2	-44,7	50,9	6,9	-32,4	34,5
ноябрь	1,1	24,5	0,3	3,4	-7,9	-15,5

Заключение

В центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области по многолетним данным наблюдений репрезентативных метеостанций Воронеж и Каменная степь за 1961–2023 гг. наблюдалось устойчивое закономерное потепление климата во все месяцы года, сопровождающее практическим постоянством сумм осадков. Приводятся климатические нормы и другие численные характеристики этих процессов за периоды 1961–2023 гг., а также два последовательных тридцатилетия 1961–1990 (базовый климат) и 1991–2020 гг. (современный климат).

Годовые нормы температур и осадков за период 1961–2023 гг. оказались равными: станция Воронеж 6,9 °C и 585 мм, Каменная степь 6,7 °C и 512 мм. Годовые значения СКО по температуре и осадкам (СКО и коэффициент вариации в %) по обеим станциям составили: Воронеж 1,3 °C и 113 мм (19 %), Каменная степь 1,2 °C и 84 мм (16 %). Следовательно, можно считать, что климатические условия на обеих станциях, с точки зрения как самих норм температуры, так и ее межгодовой изменчивости, были практически идентичными. В то же время годовая сумма осадков на станции Каменная степь в году была на 14 % ниже, чем в Воронеже. При этом относительная межгодовая изменчивость осадков на обеих станциях, выражаемая коэффициентами вариации, являлась практически одинаковой.

Средняя скорость повышения годовых температур за 63-летний период 1961–2023 гг. по станции Воронеж составила 0,475 °C/10 лет, что привело к их росту на 3,1 °C. Аналогичная скорость повышения годовых температур по станции Каменная степь была 0,435 °C/10 лет, что привело к почти такому же их росту на 2,8 °C. Сильнее всего потеплел зимний сезон года (Воронеж на 4,5 °C и Каменная степь на 4,0 °C) и лето (для Воронежа на 3,0 °C и для Каменной степи на 2,8 °C). Температуры весеннего сезона увеличились на 2,5–2,6 °C, а осеннего на 2,0–2,2 °C. Максимальные скорости повышения температур на обеих станциях наблюдались в январе: в Воронеже она составила 0,814 °C/10 лет, что дало $\Delta T = 5,3$ °C, в Каменной степи она равнялась 0,749 °C/10 лет, что дало $\Delta T = 4,9$ °C. Минимальные скорости потепления наблюдались в конце весны, а именно в мае: в Воронеже она равнялась 0,192 °C/10 лет ($\Delta T = 1,2$ °C), в Каменной степи – 0,185 °C/10 лет ($\Delta T = 1,2$ °C).

Каких-либо закономерных статистически значимых изменений годовых сумм осадков в исследуемый период 1961–2023 гг. на каждой из станций не наблюдалось. С учетом приближенного равенства коэффициентов вариации осадков на обеих станциях можно считать, что в результате на них имели место только чисто случайные и в относительном плане одинаковые по интенсивности колебания сумм осадков от года к году около их климатических норм (Воронеж 585 мм, Каменная степь 512 мм), обусловленные большой временной изменчивостью этой метеорологической величины (СКО Воронеж 113 мм, СКО Каменная степь 84 мм).

Метеорология
Подрезова Ю.А.

Библиографический список

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения 12.02.2024)
2. Гессен С.М., Воротников А.М. Карбоновые полигоны, новый инструмент управления климатическими изменениями в Российской Федерации // Журнал социологических исследований. 2021. Т. 6, № 2. С. 22–30. EDN: QAKKZU
3. Гессен С.М., Воротников А.М. Карбоновые полигоны – новый научно-образовательный проект для Арктики // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2021. № 2 (6). С. 98–104. DOI: 10.51823/74670_2021_2_98 EDN: GDFXLW
4. Глаголев М.В., Головацкая Е.А., Шнырев Н.А. Эмиссия парниковых газов на территории Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2007. Т. 14, № 2. С. 197–210. EDN: HZXODH
5. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с. ISBN: 978-5-901579-35-0 EDN: VHXTAJ
6. Десятков Б.М., Бородулин А.И., Махов Г.А., Котлярова С.С., Сарманаев С.Р. Оценка эмиссии болотного метана по его концентрации в приземном слое атмосферы // Метеорология и гидрология. 1998. № 8. С. 67–72.
7. Дзюба А.В., Панин Г.Н. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 5–27. EDN: KUNQCT
8. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.
9. Закс Л. Статистическое оценивание / пер. с нем. В.Н. Варыгиной. М.: Статистика, 1976. 598 с.
10. Изменение климата России и земного шара. URL: <http://www.igce.ru/climatechange> (дата обращения 19.01.2024)
11. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд.-во МГУ, 1988. 245 с.
12. Карбоновый полигон в Воронежской области FOR&ST CARBON. URL: <https://carbon.vgltu.ru> (дата обращения 10.01.2024)
13. Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. М.: Академия, 2016. 222 с.
14. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 295 с.
15. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб: Гидрометеиздат, 2000. 778 с.
16. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд.-во СО РАН, 2009. 208 с. ISBN: 978-5-7692-0891-1 EDN: YLIVKH
17. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань: КГУ, 2009. 503 с.
18. Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 13.02.2024)
19. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969. 459 с.
20. Тетерин А.Ф., Медведев А.Н., Ярмошенко И.В. Климатические характеристики вегетационного периода в районе расположения карбонового полигона «Уралкарбон» и перспективных мест размещения карбоновых ферм на Среднем Урале. // Траекторий исследований – человек, природа, технологии. 2022. № 2 (2). С. 64–79. DOI: 10.56564/27825264_2022_2_64 EDN: PXAUKU
21. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: ГУ ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 246 с. EDN: QKIDLB

References

1. Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. available at: <http://meteo.ru/data> (Accessed 12.02.2024).
2. Gessen, S. M., Vorotnikov, A. M. (2021), Carbon polygons, a new tool for managing climate change in the Russian Federation, *Zhurnal sociologicheskikh issledovaniy*, vol. 6, no. 2, pp. 22–30.
3. Gessen, S. M., Vorotnikov, A. M. (2021), Carbon testing grounds - a new scientific and educational project for the Arctic, *Arktika 2035: aktual'nye voprosy, problemy, resheniya*, no. 2 (6), pp. 98–104.
4. Glagolev, M.V., Golovackaja, E.A., Shnyrev, N.A. (2007), Greenhouse gas emissions in Western Siberia, *Jemissija parnikovyx gazov na territorii Zapadnoj Sibiri, Sibirskij jeologicheskij zhurnal*, vol. 14, no. 2, pp. 197–210.
5. Gruza, G.V., Ran'kova, E.Ja. (2012), *Nabljudаемые i ozhidaемые изменения климата России: температура воздуха*, [Observed and expected climate changes in Russia: air temperature], Obninsk, Russian.
6. Desjatkov, B.M., Borodulin, A.I., Mahov, G.A., Kotljaro, S.S., Sarmanaev, S.R. (1998), Estimation of swamp methane emissions based on its concentration in the surface layer of the atmosphere, *Ocenka jemissii bolotnogo metana po ego koncentracii v prizemnom sloe atmosfery, Meteorologija i gidrologija*, no. 8, pp. 67–72.
7. Dzjuba, A.V., Panin, G.N. (2007), The mechanism of formation of long-term directed climate changes in the past and ordinary difficulties, *Mehanizm formirovaniya mnogoletnih napravlennyh izmenenij klimata v proshedshem i tekushhem stoletijah, Meteorologija i gidrologija*, no. 5, pp. 5–27.
8. Drozdov, O.A., Vasil'ev, V.A., Kobysheva, N.V. and other (1989), *Klimatologiya*, [Climatology], Leningrad, Russian.
9. Zaks, L. (1976), *Statisticheskoe ocenivanie*, [Statistical evaluation], Moscow, Russian.
10. Climate change in Russia and the globe, available at: <http://www.igce.ru/climatechange> (Accessed 19.01.2024).
11. Isaev, A.A. (1988), *Statistika v meteorologii i klimatologii*, [Statistics in meteorology and climatology], Moscow, Russian.
12. Carbon polygon in the Voronezh region FOR&ST CARBON, available at: <https://carbon.vgltu.ru> (Accessed 10.01.2024).
13. Kislov, A.V. (2016), *Klimatologija s osnovami meteorologii*, [Climatology with basic meteorology], Moscow, Russian.
14. Kobysheva, N.V., Narovlyanskij, G.Ya. (1978), *Klimaticheskaya obrabotka meteorologicheskoy informacii*, [Climate processing of meteorological information], Leningrad, Russian.
15. Matveev, L.T. (2000), *Fizika atmosfery*, [Atmospheric physics], Saint Petersburg, Russian.
16. Naumov, A.V. (2009), *Dyhanie pochvy: sostavljajushhie, jeologicheskie funkicii, geograficheskie zakonomernosti*, [Soil respiration: components, ecological functions, geographical patterns], Novosibirsk, Russian.

Метеорология

Подrezова Ю.А.

17. Perevedencev, Ju. P. (2009), *Teorija klimata*, [Climate theory], Kazan', Russian.
18. Weather and climate, available at: <http://www.pogodaiklimat.ru> (Accessed 13.02.2024).
19. Smirnov, N.V., Dunin-Barkovskij, I.V. (1969), *Kurs teorii veroyatnostej i matematicheskoj statistiki dlya tekhnicheskikh prilozhenij*, [Course on Probability Theory and Mathematical Statistics for Technical Applications], Moscow, Russian.
20. Teterin, A. F., Medvedev, A. N., Yarmoshenko, I. V. (2022), Climatic characteristics of the growing season in the area where the Uralcarbon carbon test site is located and promising locations for carbon farms in the Middle Urals, *Traektorij issledovanij – chelovek, priroda, tekhnologii*, no. 2 (2), pp. 64–79.
21. Sherstjukov, B.G. (2008), *Regional'nye i sezonnye zakonomernosti izmenenij sovremennogo klimata*, [Regional and seasonal patterns of changes in modern climate], Obninsk, Russian.

Статья поступила в редакцию: 10.07.24, одобрена после рецензирования: 10.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 10 July 2024; approved after review: 10 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторе

Юлия Андреевна Подrezова

кандидат географических наук,
старший научный сотрудник научно-
исследовательского отдела,
Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова;
394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева 8

Information about the author

Yuliia A. Podrezova

Candidate of Geographical Sciences,
Senior Researcher, Research Department,
Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov;
8, Timiryazeva st., Voronezh, 394087, Russia

e-mail: umbassadorka@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 502.45: 504.064.2

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-116-129

EDN: PINRIH

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ
КУНГУРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**Ирина Фиргатовна Абдулманова**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

a.ir-flora@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6058-5176, Scopus Author ID: 57502881000, ResearcherID: L-7872-2016,

РИНЦ Author ID: 1110219, SPIN-код: 7288-7184

Аннотация. Предложена методика оценки состояния экстраординарных экосистем Кунгурской лесостепи. В качестве критериев оценки использованы фаза трансформации экосистем, доля видов растений нехарактерных эколого-ценотических групп, доля сегетальных видов, доля инвазивных видов растений, доля площади лишённой растительности. В целях экологической оценки степные экосистемы приняты в качестве субклимаксных сообществ. Проведена апробация разработанной методики на экосистемах, находящихся под выраженным антропогенным воздействием. Методика предоставит возможность выявления характера и скорости сукцессионных процессов в экстраординарных экосистемах на особо охраняемых природных территориях Кунгурской лесостепи.

На примере характерных для Кунгурской лесостепи экосистем в границах особо охраняемых природных территорий регионального значения рассмотрен эколого-ценотический состав растительных сообществ, определена доля синантропных, сегетальных, редких и охраняемых видов растений в фитоценозах. Обозначена актуальность разработки регионального перечня синантропных видов растений и перечня видов-индикаторов ценности экосистем с позиций сохранения растительного биоразнообразия. На базе этих перечней предполагается актуальной разработка индексов для оценки состояния экосистем. Перспективно исследование сукцессионных связей каменистых степей и «горных» сосняков, луговых степей и берёзовых лесов Кунгурской лесостепи посредством метода пространственно-временных аналогов. Обозначена актуальность разработки программного продукта на основе методики.

Проанализированы данные о состоянии экосистем и их компонентов в Кунгурской лесостепи в границах особо охраняемых природных территорий в 2003–2023 гг., полученные по методике оценки состояния экосистем на ООПТ, разработанной в 2011 г. в ПГНИУ. Установлено, что в течение последних 20 лет средневзвешенная степень деградации растительного покрова ООПТ Кунгурской лесостепи оставалась на уровне слабодеградированной. Состояние экстраординарных экосистем Кунгурской лесостепи, согласно данным мониторинга 2023 г., характеризуется как очень слабодеградированное.

Ключевые слова: экологическая оценка, экосистема, особо охраняемые природные территории, эколого-ценотический состав

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Пермского края № 24-17-20025, <https://rscf.ru/project/24-17-20025/>.

Для цитирования: Абдулманова И.Ф. Методические основы оценки состояния экосистем Кунгурской лесостепи // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 116–129. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-116-129. EDN: PINRIH

ECOLOGY AND NATURE USE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-116-129

EDN: PINRIH

METHODOLOGICAL BASIS FOR ASSESSING THE STATE
OF KUNGUR FOREST-STEPPE ECOSYSTEMS**Irina F. Abdulmanova**

Perm State University, Perm, Russia

a.ir-flora@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6058-5176>, Scopus Author ID: 57502881000, ResearcherID: L-7872-

2016, RSCI Author ID: 1110219, SPIN-code: 7288-7184



© 2025 Эта работа Абдулмановой И.Ф. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Abstract. The paper proposes a methodology for assessing the state of extrazonal ecosystems of the Kungur forest-steppe. As assessment criteria, it uses the phase of ecosystem transformation, the proportion of plant species of atypical ecological-coenotic groups, the share of segetal species, the share of invasive plant species, and the portion of area devoid of vegetation. The developed methodology has been tested on ecosystems under significant anthropogenic impact. The method will provide an opportunity to identify the nature and rate of succession processes in specific ecosystems in specially protected natural areas of the Kungur forest-steppe.

Using the example of ecosystems characteristic of the Kungur forest-steppe within the boundaries of specially protected natural areas of regional significance, the ecological-coenotic composition of plant communities is considered, the proportions of synanthropic, segetal, rare, and protected plant species in phytocenoses have been determined. The paper states the need for developing a regional list of synanthropic plant species and a list of indicator species highlighting the ecosystem value from the standpoint of biodiversity conservation. Based on such lists, it would be possible to develop indices for assessing the state of ecosystems. It also appears reasonable to develop a software product on the basis of the methodology.

The study has analyzed data from 2003-2023 on the state of the ecosystems and their components in the Kungur forest-steppe within the boundaries of specially protected natural areas. The data were obtained with the help of methodology assessing the state of ecosystems in protected areas developed in 2011 at Perm State University. It has been established that over the past 20 years, the average weighted degree of degradation of the vegetation cover of the protected areas of the Kungur forest-steppe has remained at the level of slightly degraded. According to monitoring data from 2023, the state of the Kungur forest-steppe extrazonal ecosystems is characterized as very slightly degraded.

Keywords: environmental assessment, ecosystem, specially protected natural areas, ecological-coenotic composition

Funding. The study was carried out under the grant from the Russian Science Foundation and Perm Krai No. 24-17-20025, <https://rscf.ru/project/24-17-20025/>

For citation: Abdulmanova, I.F. (2025) Methodological basis for assessing the state of Kungur forest-steppe ecosystems. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 116–129. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-116-129. EDN: PINRIH

Введение

Основной задачей особо охраняемых природных территорий (далее ООПТ) является сохранение ландшафтного и биологического разнообразия на всех его уровнях, поддержание устойчивости глобальной экологической системы и естественного вещественно-энергетического баланса, сохранение качества предоставляемых экосистемных услуг на необходимом уровне.

В настоящее время практически нет экосистем, находящихся в равновесном состоянии. Экосистемы постоянно претерпевают трансформации в результате прямого и косвенного антропогенного воздействия [13] как за пределами ООПТ, так и внутри них.

Для оценки состояния экосистем на особо охраняемых природных территориях в 2011 г. в Пермском государственном университете разработана методика «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» [3]. На ее основе построена программа наблюдений мониторинга ООПТ регионального значения Пермского края, экологического производственного контроля при добыче углеводородов на ООПТ. Также методика применяется в ходе иных исследований антропогенной трансформации экосистем ООПТ регионального и местного значения в Пермском крае и на территории других регионов РФ.

Согласно методике, разработанной в 2011 г., состояние экосистем и их компонентов определяется относительным показателем – степенью деградации, выраженным в диапазоне от 0 (недеградированное состояние) до 5 (очень сильно деградированное) и определяемым на основании комплекса основных и дополнительных, абсолютных и относительных показателей. Степень деградации базовой экосистемы (отдельного типа экосистемы на ООПТ) рассчитывается как среднее степеней деградации компонентов – почв, растительности, животного мира и экосистемы в целом. Основным критерием оценки состояния экосистем является фаза их трансформации.

Проблема выявления нарушений в наземных экосистемах начинается с определения типа экосистем, к которому они относятся [13]. В существующей методике выделены фазы трансформации только для зональных лесных экосистем, отражающие основные стадии их восстановительной сукцессии, в результате чего возникают трудности с оценкой состояния специфичных экстразональных экосистем Кунгурской лесостепи. Кроме того, допускается значительная субъективность в вопросах оценки состояния растительности по одному из основных критериев – степени синантропизации фитоценозов [1]. В связи с этим актуальна разработка методики экологической оценки состояния экосистем на особо охраняемых природных территориях Кунгурской лесостепи, учитывающей особенности экстразональных природных комплексов для более точной диагностики тенденций их трансформации.

При оценке состояния экосистем в качестве индикатора планируется применить растительность, поскольку этот компонент является наиболее доступным для наблюдений, претерпевающим трансформацию при превышении внешним воздействием определенного уровня устойчивости, на изменения которого, в свою очередь, реагируют другие компоненты экосистем [8].

*Экология и природопользование**Абдулманова И.Ф.*

В целях разработки методики решен следующий ряд задач:

1. Определен перечень критериев оценки состояния экосистем и их показатели;
2. Определены ряд характеристик фитоценозов экстразональных экосистем Кунгурской лесостепи на особо охраняемых природных территориях: их эколого-ценотический состав, доля синантропных, сегетальных, редких и охраняемых видов в их составе;
3. Проведены апробация предложенной методики и анализ имеющихся данных о состоянии экосистем на ООПТ Кунгурской лесостепи.

Материалы и методика

Кунгурская лесостепь расположена в западных предгорьях Среднего Урала и практически достигает своей северной оконечностью 58° с.ш. (рис. 1), тогда как северная граница лесостепного биома Евразии находится на уровне 56° с.ш. [22]. Формирование лесостепных комплексов в гемибореальной зоне связано с интенсивно развивающимися карстовыми процессами в нижнепермских породах, обуславливающими существование местообитаний с дефицитом увлажнения [15, 19]. Черты, характерные для лесостепных территорий, несут различные компоненты биоты Кунгурской лесостепи: растительный, грибной и животный [2].

Специфичность биоразнообразия Кунгурской лесостепи прослеживается на генетическом, популяционно-видовом, сообщественно-экосистемном и ландшафтно-региональном уровнях [2]. Наличие эндемиков и значительного количества реликтов в составе флоры и фауны района свидетельствует о естественном происхождении Кунгурской лесостепи [15].

Район значительно окультурен, сельскохозяйственные земли занимают около 50 % территории, лесопокрываемые земли – 10–20 % [15]. Антропогенное воздействие сдерживает развитие лесов, способствуя сохранению и распространению степных видов биоты [23], но не приводит к полному остепнению территории [7], поскольку формирование лесостепных комплексов обусловлено, прежде всего, именно литогенными условиями.

Основанием для разработки методики послужили собственные наблюдения за растительным покровом Кунгурской лесостепи, осуществленные в ходе полевых работ в период 2013, 2016–2024 гг. как на ООПТ регионального значения, так и вне их границ. Проведен анализ публикаций, посвященных природным особенностям Кунгурской лесостепи [2], особое внимание уделено описанию растительности природного района [15, 16].

Для характеристики фитоценозов были выбраны специфичные экстразональные экосистемы Кунгурской лесостепи в границах ООПТ регионального значения. Для анализа использованы данные 27 стандартных геоботанических описаний на участках, практически не подверженных прямому антропогенному воздействию (рис. 1), а также описания, выполненные в 2022–2023 гг. Все названия растений приведены по «Иллюстрированному определителю...» [10].

Существует несколько значительно различающихся вариантов границ Кунгурской лесостепи, выделенных по различным критериям [2]. Наиболее часто применяемыми являются границы природного и ботанико-географического районов. Совокупные границы этих районов охватывают все описанные фитоценозы.

Эколого-ценотический анализ отражает связь элементов флоры с факторами среды и различными типами растительности, поэтому может применяться для оценки характера и состояния экосистем. Эколого-ценотическая принадлежность видов растений определена согласно базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» Института математических проблем биологии РАН (табл. 1) [18].

Рассчитана доля синантропных, сегетальных, редких и охраняемых видов в составе исследуемых фитоценозов. В качестве синантропных принимались виды из списка синантропной флоры Среднего Урала А.С. Третьяковой и В.А. Мухина [17]. Сегетальными считались виды, входящие в «Конспект сегетальной флоры Свердловской области» П.В. Кондарткова и А.С. Третьяковой [11]. При определении инвазивных видов использовалась Черная книга флоры Средней России [4]. К числу редких и охраняемых видов отнесены виды, включенные как в Красную книгу Пермского края, так и в Приложение к ней (Аннотированный перечень животных, растений и грибов Пермского края, состояние которых в природной среде требует особого внимания) [12].

Анализ состояния экосистем на ООПТ Кунгурской лесостепи проведен на основе данных мониторинга ООПТ регионального значения с 2003 по 2023 г. Наблюдения в рамках мониторинга проводились по методике, разработанной в ПГУ [3].

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

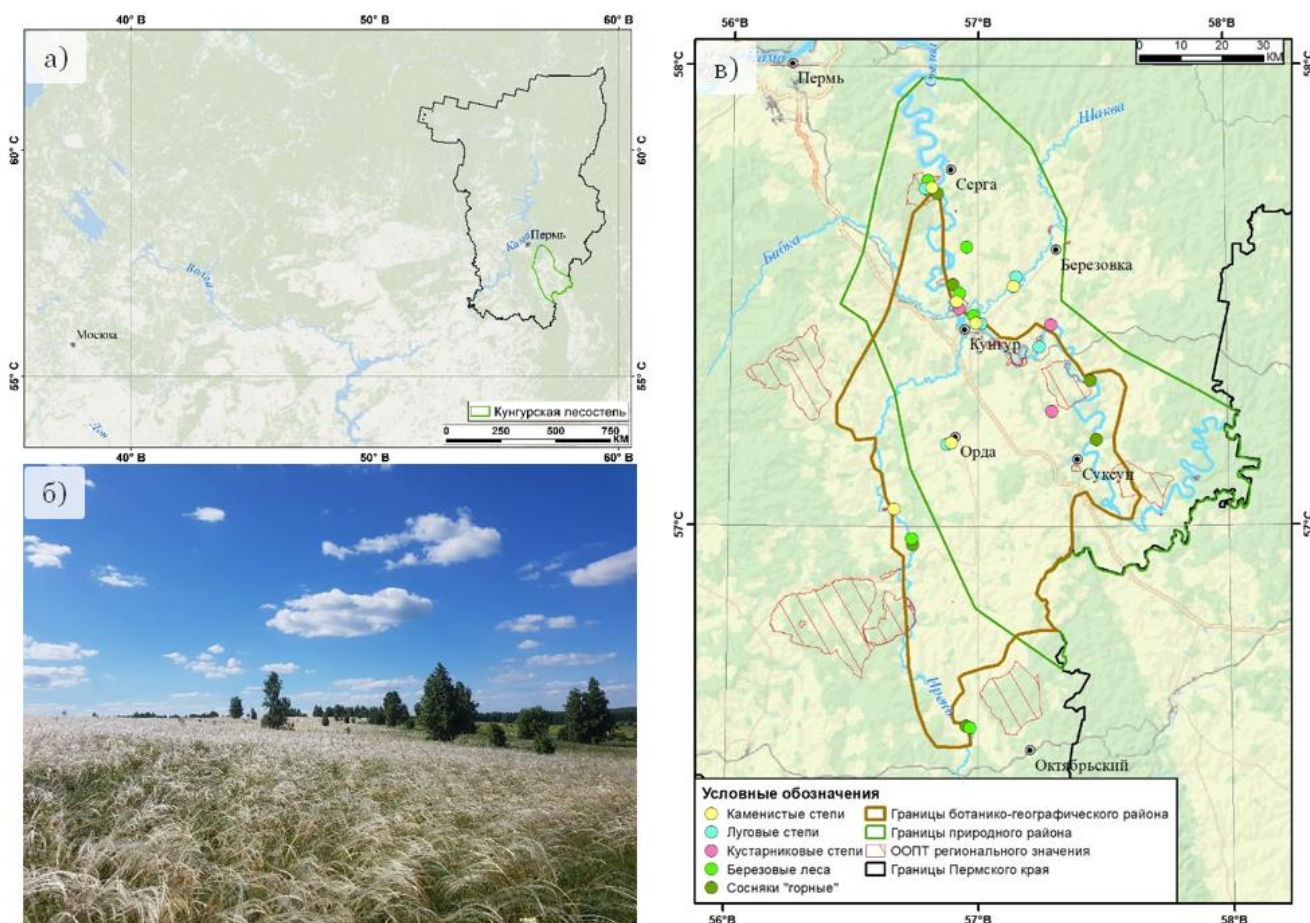


Рис. 1. Местоположение района исследований: а – географическое положение Кунгурской лесостепи; б – луговая перистоковыльная степь на ООПТ «Шлюпинский камень»; в – положение исследуемых экосистем
 Fig. 1. Location of the research area: а – location of the Kungur forest-steppe; б – meadow feather grass steppe at the Shlyupinsky Kamen protected natural area; в – location of the studied ecosystems

Таблица 1
 Table 1

Эколого-ценотические группы, примененные в анализе [18]
 Ecological-coenotic groups used in the analysis [18]

Сокращение	Группа	Расшифровка
BrF	Boreal InForest-Boreal	бореальная внутрилесная
BrEg	Boreal	бореальная опушечная
NmF	Nemoral InForest-Nemoral	неморальная внутрилесная
NmEg	Nemoral	неморальная опушечная
NtF	Nitrophilous InForest-Nitrophilous	нитрофильная (ольшаниковая) внутрилесная
NtEg	Nitrophillous	нитрофильная (ольшаниковая) опушечная
PnF	PineForest InPineForest	боровая внутрилесная
PnEg	PineForest	боровая опушечная
OX	Oak-Xerophilous	ксерофильная группа, образована видами разреженных широколиственных лесов лесостепи (байрачных дубрав)
St	Meadow-Stepp Steppe	лугово-степная группа, подгруппа видов луговых и настоящих степей
MDr	Meadow-Stepp DryMeadow	лугово-степная группа, подгруппа видов сухих лугов
MFr	Meadow-Stepp FreshMeadow	лугово-степная группа, подгруппа видов влажных лугов
WS	Water-Swamp	водно-болотная группа, объединяющая прибрежно-водные и внутриводные виды, верховых и низинных болот
Adv	Advent	адвентивная группа

Результаты и обсуждение

Согласно методике [3], оценка состояния экосистем на особо охраняемых природных территориях проводится в пределах базовых экосистем – относительно однородных частей ООПТ, являющихся элементарными единицами проведения экологических наблюдений. В качестве отдельных базовых экосистем выделяются хвойные, широколиственные, смешанные, мелколиственные леса, пойменные и суходольные луга, заболоченные участки, вырубки, пустыри и т.д. В пределах базовых экосистем закладываются площадки наблюдений.

Кунгурская лесостепь расположена в полосе хвойно-широколиственных лесов, в связи с чем многие сообщества практически не отличаются от таковых из зональной полосы [16], а их состояние может быть оценено согласно уже имеющейся методике [3].

К числу специфичных экстразональных сообществ Кунгурской лесостепи относятся каменистые и луговые степи, кустарниково-степные группировки, некоторые типы березняков, «горные» сосняки, которые также выделяются в качестве базовых экосистем ООПТ. На наиболее типичных участках базовых экосистем закладываются площадки для стандартных геоботанических описаний. При закладке площадок наблюдения за специфичными сообществами необходимо избегать карстовых воронок, поскольку в них формируется экологический режим, отличный от режима степных экосистем. Рекомендуется также выделять очаги интенсивного прямого антропогенного воздействия. Выделение очагов позволит не распространять показатели высокого уровня деградации на всю базовую экосистему, что повысит точность результатов экологической оценки. Кроме того, это даст возможность отслеживать динамику площади очагов воздействия.

При оценке состояния экосистем Кунгурской лесостепи предлагается опираться на фазу трансформации экосистем, эколого-ценотический состав фитоценозов, присутствие в сообществах видов, свидетельствующих об антропогенном воздействии, долю площади лишенной растительности.

Фаза трансформации экосистемы (F) в качестве критерия оценки используется в методике, разработанной в 2011 г. [3]. В ней выделены фазы трансформации зональных лесных экосистем. Под фазами трансформации подразумеваются стадии сукцессии. Переход от одной фазы к другой характеризуется существенными изменениями в структуре и функционировании экосистем и может происходить под воздействием различных антропогенных и естественных факторов.

Факт приуроченности к одним и тем же биотопам каменистых степей и «горных» сосняков (к береговым обнажениям карстующихся пород), луговых степей и березовых лесов (к возвышенным участкам, покатым и пологим склонам) (табл. 2) может свидетельствовать об их сукцессионной связи. Исследование этих связей перспективно посредством метода пространственно-временных аналогов, при котором в изучении сукцессионных рядов вместо многолетней последовательности состояний экосистемы используется последовательность экосистем из аналогичных местообитаний одного природного района [21, 24]. В целях экологической оценки состояния экосистем Кунгурской лесостепи выделены фазы трансформации, в которых открытые степные экосистемы приняты в качестве самостоятельных субклимаксных сообществ. Такой подход позволяет отслеживать течение не только антропогенно обусловленных процессов деградации, но и таких естественных процессов, как мезофитизация и сильватизация, приводящих к утрате ценных степных сообществ.

Эколого-ценотический состав специфичных фитоценозов. Характерный эколого-ценотический состав растительных сообществ и их биотопическая приуроченность представлены в табл. 2 и на рис. 2. Для степных ценозов Кунгурской лесостепи характерна высокая доля представителей лугово-степной группы. Связь березняков Кунгурской лесостепи с зональными лесами прослеживается наиболее ярко – в них значительна доля неморальных видов. Бореальные виды распространены, как правило, в лесных ценозах. Боровые виды и виды байрочных дубрав присутствуют всем рассмотренным типам экосистем. В сосняках относительно равномерно представлены различные эколого-ценотические группы. Редкие представители нитрофильной группы могут быть встречены в кустарниковых степях и лесных сообществах. В целом присутствие нитрофильных видов и видов водно-болотной группы нельзя считать свойственным для специфичных сообществ Кунгурской лесостепи. Чаще всего растения этих групп могут встречаться в карстовых понижениях или при возникновении антропогенной нагрузки на экосистемы. Хотя, к примеру, такой вид, как *Aconitum septentrionale*, относящийся к нитрофильной группе, является характерным для ненарушенных или малонарушенных березовых лесов Кунгурской лесостепи. Для каменистых и луговых степей нехарактерными также являются бореальные лесные и опушечные, неморальные лесные виды.

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

Таблица 2

Table 2

Особенности фитоценозов экстразональных экосистем Кунгурской лесостепи

Phytocenoses of extrazonal ecosystems of the Kungur forest-steppe

Тип растительности [15]	Биотопическая приуроченность	Типичные представители фитоценозов	Эколого-ценотический состав
Каменные степи: – холодно-полынные, – типчаковые, – тимьяновые.	Обнажения гипсов, ангидритов, известняков, доломитов. Слабо задерненные склоны.	<i>Allium strictum</i> , <i>Artemisia absinthium</i> , <i>Astragalus austriacus</i> , <i>Campanula rotundifolia</i> , <i>Campanula sibirica</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Helianthemum nummularium</i> , <i>Hypericum elegans</i> , <i>Oxytropis pilosa</i> , <i>Phleum phleoides</i> , <i>Poa angustifolia</i> , <i>Potentilla humifusa</i> , <i>Potentilla impolita</i> , <i>Stipa pennata</i> , <i>Thesium ebracteatum</i> , <i>Veronica spicata</i> , <i>Vincetoxicum hirsutaria</i>	<u>Характерные:</u> PnEg, St, MDr, OX, MFr <u>Возможные:</u> NmEg, PnF, <u>Нехарактерные:</u> BrF, BrEg, NmF, NtF, NtEg, WS, Adv
Луговые степи: – пустынно-овесцовые, – перисто-ковыльные, – полынно-ковыльные, – разнотравно-типчакково-ковыльные, – ковыльно-разнотравные	Возвышенные участки, покатые и пологие склоны.	<i>Adonis vernalis</i> , <i>Anemone sylvestris</i> , <i>Aster amellus</i> , <i>Astragalus danicus</i> , <i>Campanula sibirica</i> , <i>Carlina biebersteiniin</i> , <i>Dracocephalum ruyschiana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Filipendula vulgaris</i> , <i>Fragaria viridis</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Gentiana cruciata</i> , <i>Inula hirta</i> , <i>Inula salicina</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Nepeta pannonica</i> , <i>Onobrychis arenaria</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Phleum phleoides</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> , <i>Poa angustifolia</i> , <i>Potentilla impolita</i> , <i>Senecio jacobaea</i> , <i>Silene nutans</i> , <i>Stipa pennata</i> , <i>Trifolium montanum</i> , <i>Veronica spicata</i> , <i>Veronica teucrium</i> , <i>Vicia tenuifolia</i>	<u>Характерные:</u> NmEg, PnEg, OX, St, MDr, MFr <u>Возможные:</u> PnF <u>Нехарактерные:</u> BrF, BrEg, NmF, NtF, NtEg, WS, Adv
Кустарниковые степи: – дроково-эспарцетные, – спирейно-вишняково-разнотравные	Покатые и пологие склоны.	<u>Кустарниковый ярус:</u> <i>Betula humilis</i> , <i>Cerasus fruticosa</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> , <i>Genista tinctoria</i> , <i>Rosa majalis</i> , <i>Spiraea crenata</i> <u>Травяно-кустарничковый ярус:</u> <i>Adonis vernalis</i> , <i>Aster amellus</i> , <i>Betonica officinalis</i> , <i>Campanula sibirica</i> , <i>Carlina biebersteiniin</i> , <i>Dracocephalum ruyschiana</i> , <i>Galium mollugo</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Libanotis montana</i> , <i>Onobrychis arenaria</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Pedicularis kaufmannii</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> , <i>Pyrethrum corymbosum</i> , <i>Thalictrum simplex</i> , <i>Trifolium montanum</i> , <i>Veronica spicata</i> , <i>Vicia tenuifolia</i>	<u>Характерные:</u> NmEg, PnF, PnEg, OX, St, MDr, MFr <u>Возможные:</u> BrF, NmF <u>Нехарактерные:</u> BrEg, NtF, NtEg, WS, Adv
Березняки: – парковые, – с кустарниковым ярусом из вишни и степным разнотравьем, – с примесью широколиственных пород, – с лесо-луговым разнотравьем	Возвышенные участки, покатые и пологие склоны.	<u>Древесный ярус:</u> <i>Betula pendula</i> , примесь <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Populus tremula</i> <u>Кустарниковый ярус:</u> <i>Cerasus fruticosa</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> , <i>Genista tinctoria</i> , <i>Lonicera xylosteum</i> , <i>Rhamnus cathartica</i> , <i>Rosa majalis</i> , <i>Rubus idaeus</i> , <i>Spiraea crenata</i> <u>Травяно-кустарничковый ярус:</u> <i>Aconitum septentrionale</i> , <i>Adenophora lilifolia</i> , <i>Adonis vernalis</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Aster amellus</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Campanula latifolia</i> , <i>Campanula persicifolia</i> , <i>Campanula sibirica</i> , <i>Digitalis grandiflora</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Inula salicina</i> , <i>Lathyrus pisiformis</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Lilium pilosiusculum</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Pyrethrum corymbosum</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Serratula coronata</i> , <i>Trifolium montanum</i> , <i>Turritis glabra</i> , <i>Vicia sylvatica</i>	<u>Характерные:</u> NmF, NmEg, PnF, St, MDr, MFr <u>Возможные:</u> BrF, BrEg, NtEg, PnEg, OX <u>Нехарактерные:</u> NtF, WS, Adv

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

Окончание табл. 2

Тип растительности [15]	Биотопическая приуроченность	Типичные представители фитоценозов	Эколого-ценотический состав
«Горные» сосняки: – пустынно-овсецовые; – шелковисто-полынные, – перисто-коротко-ножковые	Обнажения гипсов, ангидритов, известняков, доломитов преимущественно южной, юго-восточной и юго-западной экспозиций	<u>Древесный ярус:</u> <i>Pinus sylvestris</i> , примесь <i>Betula pendula</i> <u>Кустарниковый ярус:</u> <i>Cerasus fruticosa</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> , <i>Genista tinctoria</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Rosa majalis</i> <u>Травяно-кустарниковый ярус:</u> <i>Anemone sylvestris</i> , <i>Aster amellus</i> , <i>Betonica officinalis</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Digitalis grandiflora.</i> , <i>Dracocephalum ruyschiana</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Filipendula vulgaris</i> , <i>Helianthemum nummularium</i> , <i>Inula hirta</i> , <i>Onobrychis arenaria</i> , <i>Origanum vulgare</i> , <i>Phleum phleoides</i> , <i>Poa angustifolia</i> , <i>Pulsatilla patens</i> , <i>Stipa pennata</i> , <i>Trommsdorffia maculata</i> , <i>Veronica spicata</i> , <i>Vicia tenuifolia</i>	<u>Характерные:</u> NmEg, PnF, PnEg, OX, St, MDr <u>Возможные:</u> BrF, BrEg, NmF, MFr <u>Нехарактерные:</u> NtF, NtEg, WS, Adv

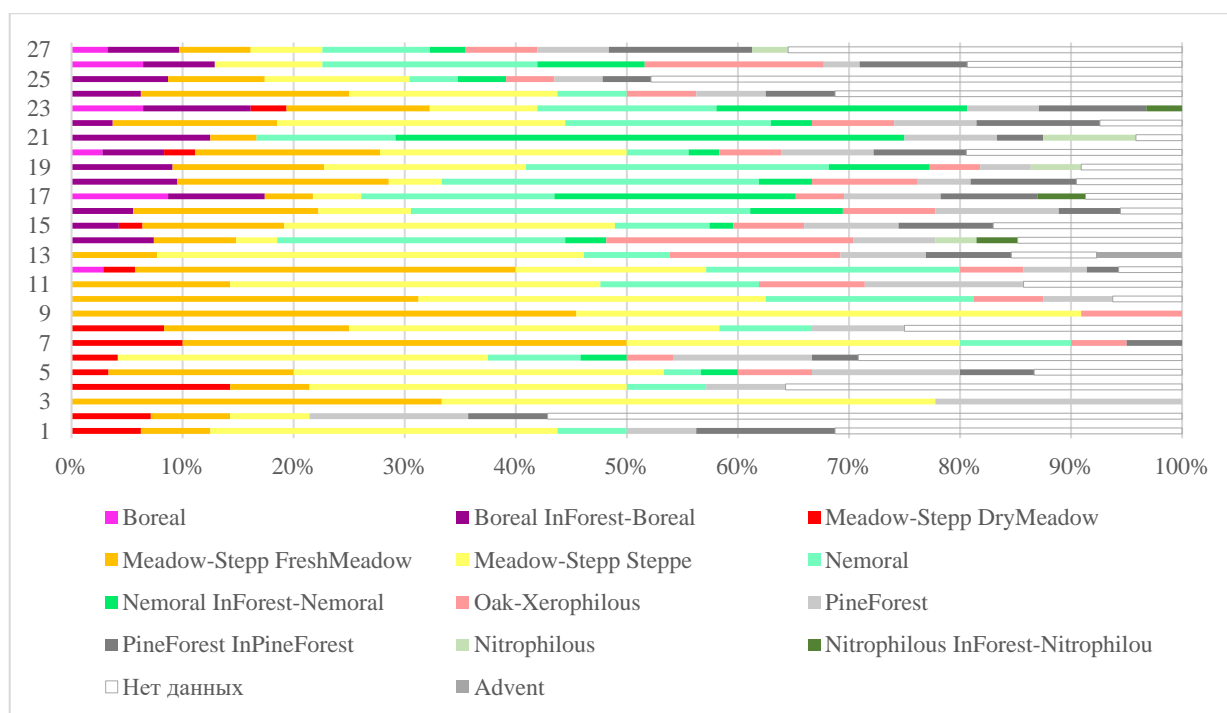


Рис. 2. Эколого-ценотический состав растительных сообществ Кунгурской лесостепи.

Примечание: каменистые степи: 1 – Спасская и Подкаменная горы, 2 – Ледяная гора и Кунгурская ледяная пещера, 3 – Ординская пещера, 4 – Лысая гора, 5 – Шлюпинский камень, 6 – Вяткинский; луговые степи: 7 – Шлюпинский камень, 8 – Ледяная гора и Кунгурская ледяная пещера, 9 – Ординская пещера, 10 – Кленовая гора, 11 – Татарская гора, 12 – Вяткинский; кустарниковые степи: 13 – Лобач, 14 – Белый камень, 15 – Спасская и Подкаменная горы; березовые леса: 16 – Спасская и Подкаменная горы, 17 – Усановский, 18 – Кашкинская дубрава, 19 – Вяткинский, 20 – Байдарашки, 21 – Большая Мечкинская пещера; «горные» сосняки: 22 – Гусельниковский, 23 – Плакун, 24 – Спасская и Подкаменная горы, 25 – Усановский, 26 – Кашкинская дубрава, 27 – Вяткинский.

Fig. 2. Ecological-coenotic composition of plant communities of the Kungur forest-steppe.

Note: rocky steppes: 1 – Spasskaya and Podkamennaya Mountains, 2 – Ledyanaya Mountain and Kungur Ice Cave, 3 – Ordinskaya Cave, 4 – Lysaya Mountain, 5 – Shlyupinsky Stone, 6 – Vyatkinsky; meadow steppes: 7 – Shlyupinsky Stone, 8 – Ledyanaya Mountain and Kungur Ice Cave, 9 – Ordinskaya Cave, 10 – Klenovaya Mountain, 11 – Tatarskaya Mountain, 12 – Vyatkinsky; shrub steppes: 13 – Lobach, 14 – Bely Kamen, 15 – Spasskaya and Podkamennaya Mountains; birch forests: 16 – Spasskaya and Podkamennaya Mountains, 17 – Usanovsky, 18 – Kashkinskaya Oak Grove, 19 – Vyatkinsky, 20 – Baidarashki, 21 – Bolshaya Mechkinskaya Cave; «mountain» pine forests: 22 – Guselnikovskiy, 23 – Plakun, 24 – Spasskaya and Podkamennaya Mountains, 25 – Usanovsky, 26 – Kashkinskaya Oak Grove, 27 – Vyatkinsky.

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

По рис. 2 также видно, что в базе данных «Флора сосудистых растений Центральной России» не для всех видов представлена информация об их эколого-ценотической принадлежности. Наибольший процент найденных видов характерен для каменистых степей и «горных» сосняков. К числу таких видов относятся, к примеру, *Astragalus cornutus*, *Oxytropis uralensis*, *Trifolium lupinaster*, *Polygala sibirica*, *Gypsophila altissima*, *Echinops ruthenicus*, *Onosma simplicissima*, *Libanotis krylovii*, а также виды-доминанты некоторых степных фитоценозов – *Helictotrichon desertorum*, *Artemisia frigida*, *Artemisia sericea*, *Onobrychis arenaria*. Для приблизительного определения эколого-ценотической принадлежности таких видов может быть использовано их описание в «Иллюстрированном определителе...» [10]. Так, *Helictotrichon desertorum* описан как произрастающий «на каменистых склонах, известняковых скалах и обнажениях»; *Artemisia frigida* – произрастающая «на известняковых обнажениях»; *Artemisia sericea* – произрастающая «на известняковых обнажениях, в остепненных сосновых борах»; *Onobrychis arenaria* – произрастающий «на остепненных лугах, в редкостойных сосновых и березовых лесах, на известняковых обнажениях». Такое описание позволяет исключить принадлежность видов к бореальной, неморальной, нитрофильной и водно-болотной группам. Более сложным может стать определение по описанию в определителе эколого-ценотической принадлежности, например, такого вида, как *Pleurospermum uralense*, произрастающего «в лесах разных типов, на опушках, полянах, вырубках, среди кустарников, в субальпийском высокоотравье, по берегам рек». Этот вид, исходя из описания, может быть отнесен к бореальной, неморальной, нитрофильной группе или подгруппе влажных лугов. В таком случае целесообразен экспертный анализ комплекса других экологических характеристик (отношение к влаге, обеспеченности элементами питания, свету и др.) и встречаемости вида в различных типах сообществ в регионе.

Выявленные особенности эколого-ценотической структуры фитоценозов могут служить индикаторами нарушенного состояния экосистем. В ходе дальнейших исследований в Кунгурской лесостепи перспективно определение количественного соотношения представителей различных эколого-ценотических групп в фитоценозах и учета динамики внутренней эколого-ценотической структуры фитоценозов для выявления характера сукцессионных процессов.

Присутствие в сообществе видов, свидетельствующих об антропогенном воздействии. Как было показано ранее, современное представление о синантропных видах крайне размыто [1]. Под синантропными принято понимать виды, произрастающие в нарушенных человеком местообитаниях [14]. П.Л. Горчаковский считает, что к синантропным следует относить как местные, так и инорайонные растения, позиции которых в составе растительных сообществ усиливаются при возрастании антропогенных нагрузок [6]. Замечено, что многие охраняемые виды растений проявляют синантропные свойства [1].

Анализ фитоценозов показал, что все они не менее, чем на 25 % состоят из синантропов (рис. 3). Наиболее синантропизирована (на 73 %) луговая степь ООПТ «Ординская пещера». Наименее синантропизированным типом сообществ в целом являются «горные» сосняки. Такой уровень синантропизации сопоставим с вычисленным в 2019 г. Е.Г. Ефимик и Ю.С. Пашовой индексом синантропизации ООПТ «Шлюпинский камень», составившим 48 %, хотя авторы отмечают, что собственно лесостепные группировки ООПТ слабо затронуты синантропизацией [9].

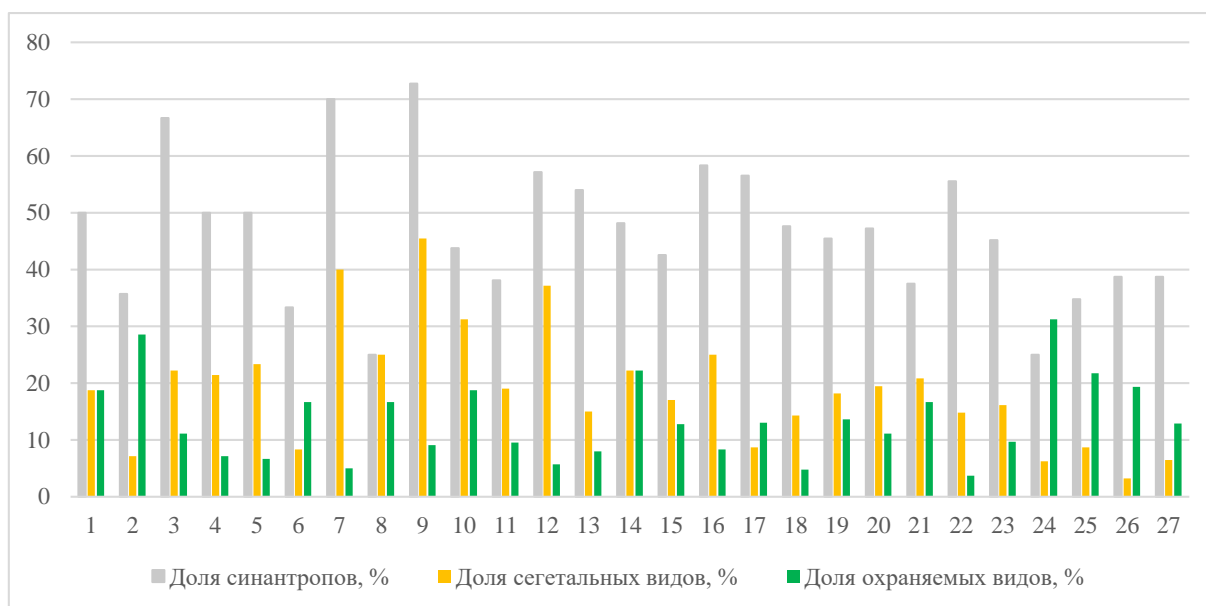


Рис. 3. Доля синантропных, сегетальных и охраняемых видов в составе сообществ Кунгурской лесостепи
Fig. 3. The proportion of synanthropic, segetal, and protected species in the communities of the Kungur forest-steppe

Столь высокая синантропизация фитоценозов объясняется тем, что к числу синантропов А.С. Третьяковой и В.А. Мухиным [17] отнесены такие типичные для Кунгурской лесостепи виды, как *Astragalus danicus*, *Filipendula*

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

vulgaris, *Fragaria viridis*, *Silene nutans* и др. А такие синантропы, как *Festuca valesiaca*, *Helictotrichon desertorum*, *Genista tinctoria*, *Onobrychis arenaria*, являются доминантами типчаковых, пустынноовсецовых, дроково-эспарцетных степей соответственно, что говорит о том, что их проективное покрытие в этих сообществах значительно. Это позволяет, согласно разработанной в 2011 г. методике, отнести данные типы сообществ как минимум к среднедеградированным по показателю суммарного проективного обилия синантропных видов (от 15 до 75 %).

Сегетальными являются растения, засоряющие посевы сельскохозяйственных культур. Их доля в исследованных сообществах варьировала в пределах 3–45 %. Наиболее высока доля сегетальных видов в луговых степях (19–45 %), самая низкая – в «горных» сосняках (3–16 %). В связи с тем, что понятие о сегетальных видах более конкретизировано, при учете степени нарушенности фитоценозов предполагается опираться именно на их перечень, несмотря на то что он тоже не является оптимальным в целях оценки состояния экосистем на ООПТ. Например, в примененный в работе конспект сегетальной флоры [11] включен такой вид, как *Adenophora liliifolia*, занесенный в Приложение к Красной книге Пермского края. В целях экологической оценки экосистем на особо охраняемых природных территориях актуальна разработка регионального перечня синантропных видов растений.

На наш взгляд, необходимо также анализировать сообщества на наличие в них инвазивных видов, появление которых может привести к стремительной деградации экосистемы. Список инвазионных растений представлен в Чёрной книге флоры Средней России [4]. В исследованных сообществах единичные экземпляры инвазивных видов *Amelanchier spicata* и *Acer negundo* были обнаружены в составе кустарникового сообщества на ООПТ «Лобач».

Присутствие в сообществе редких и охраняемых видов. В исследованных сообществах зафиксировано 22 редких и охраняемых вида растений (рис. 3). Преимущественно это виды, внесенные в Приложение к Красной книге Пермского края [12]. Из основного списка Красной книги отмечены *Stipa pennata* (в 16 экосистемах), *Laser trilobum* (в 6 экосистемах), *Adonis vernalis* (в 2 экосистемах), *Scutellaria supina* (в 1 экосистеме). Наиболее высокая доля редких и охраняемых видов в составе сообщества (31 %, 5 видов из 16) в сосняке на ООПТ «Спаская и Подкаменная горы». По 6 видов зафиксировано в кустарниковых степях ООПТ «Белый камень», «Спаская и Подкаменная горы», в сосняке «Кашкинской дубравы», но поскольку видовое разнообразие этих сообществ выше, доля редких и охраняемых видов в фитоценозе ниже.

В нескольких экосистемах – в каменистых степях (1, 2, 6), в кустарниковой степи (14), в березняке (17), в сосняках (24, 25, 26, 27) – доля редких и охраняемых видов была равна или превысила долю сегетальных видов, а в одной из экосистем (в «горном» сосняке ООПТ «Спаская и Подкаменная горы») превысила также долю синантропных видов.

Для специфических сообществ Кунгурской лесостепи в целом достаточно характерно присутствие редких и охраняемых видов. Так, в составе каменистых степей встречаются *Astragalus cornutus*, *Astragalus sulcatus*, *Oxytropis uralensis*, *Aster alpinus*, *Polygala sibirica*, *Helianthemum nummularium*, *Thesium refractum*, *Thymus baskiriensis*. Для луговых степей типичен *Stipa pennata*. Из кустарников часто встречается *Cerasus fruticosa*. В березовых лесах нередки *Adonis vernalis*, *Adenophora liliifolia*, *Digitalis grandiflora*, *Epipactis helleborine*, *Lilium pilosiusculum*, *Platanthera bifolia*; в «горных» сосняках – *Pulsatilla patens*, *Pulsatilla flavescens*, *Astragalus cornutus*, *Oxytropis uralensis*, *Aster alpinus*, *Centaurea sibirica*. Присутствует и целый ряд других редких и охраняемых видов, свидетельствующих о ценности этих экосистем с позиции охраны биоразнообразия. Применять факт присутствия в составе ценоза редких и охраняемых видов растений в разрабатываемой методике не предполагается, поскольку такие виды встречаются не повсюду даже при отсутствии антропогенного воздействия. Но считается перспективной в целях экологической оценки аналогично региональному перечню синантропных видов разработка перечня видов-индикаторов экосистем особой ценности. В такой перечень, помимо охраняемых видов, могут быть включены эндемики, реликты и виды, не устойчивые к антропогенному воздействию. Высокая доля таких видов в составе сообщества может свидетельствовать о наиболее высокой ценности экосистемы с позиций сохранения растительного биоразнообразия, а разработка индексов, отражающих соотношение видов-индикаторов ценности экосистем и синантропных видов, может оптимизировать процесс оценки состояния экосистем.

Доля площади, лишенной растительности. Процессы деградации экосистем на особо охраняемых природных территориях нередко проявляются в виде постепенного или моментального катастрофического уничтожения живого напочвенного покрова. Наиболее часто к лишению растительного покрова на ООПТ приводит вытаптывание в ходе рекреации. Причинами уничтожения растительности могут также стать пожары, появление абиотического наноса (осыпей, отвалов горных пород, мусора), карьеров и т.п.

Критерии оценки состояния экстраординарных экосистем Кунгурской лесостепи. Таким образом, для оценки состояния экосистем Кунгурской лесостепи предлагается использовать следующие критерии, отражающие состояние фитоценозов (табл. 3):

1. фаза трансформации экосистемы (F);
2. доля видов нехарактерных эколого-ценотических групп (unECG);
3. доля сегетальных видов (Seg);
4. доля инвазивных видов растений (Inv);
5. доля площади лишенной растительности (BA (от «bare area»)).

Для определения степени деградации экосистемы следует оценивать ее состояние по всем критериям. Определяющим критерием является свидетельствующий о наиболее деградированном состоянии в сравнении с остальными критериями (см. пример в табл. 4).

Таблица 3
Table 3

Критерии оценки состояния экстразональных экосистем Кунгурской лесостепи
Criteria for assessing the state of extrazonal ecosystems of the Kungur forest-steppe

Степень деградации экосистемы					
0 (недеградированные)	1 (очень слабо деградированные)	2 (слабо деградированные)	3 (средне деградированные)	4 (сильно деградированные)	5 (очень сильно деградированные)
F – каменистая степь; unECG нет; Seg до 25 %; Inv нет; BA нет.	F – каменистая степь; unECG не более 1 вида; Seg до 35 %; Inv нет; BA нет.	F – каменистая степь; unECG до 25 %; Seg до 45 %; Inv единичные особи; BA до 5 %.	F – каменистая степь / редколесье; unECG до 50 %; Seg до 65 %; ПП Inv до 25 %; BA до 25 %.	F – «сорная» стадия; unECG до 75 %; Seg выше порога предыдущей стадии; ПП Inv до 50 %; BA до 50 %.	F – коренная трансформация; unECG свыше 75 %; сообщество сформировано преимущественно сеgetальными видами; ПП Inv превышает 50 %; BA свыше 50 %.
F – луговая степь; unECG нет; Seg до 45 %; Inv нет; BA нет.	F – луговая степь; unECG не более 1 вида; Seg до 55 %; Inv нет; BA нет.	F – луговая степь; unECG до 25 %; Seg до 65 %; Inv единичные особи; BA до 5 %.	F – мезофитный луг / редколесье; unECG до 50 %; Seg до 85 %; ПП Inv до 25 %; BA до 25 %.		
F – кустарниковая степь; unECG нет; Seg до 25 %; Inv нет; BA нет.	F – кустарниковая степь; unECG не более 1 вида; Seg не более 35 %; Inv нет; BA нет.	F – луг со степными кустарниками / редколесье; unECG до 25 %; Seg до 45 %; Inv единичные особи; BA до 5 %.	F – луг со степными кустарниками / редколесье; unECG до 50 %; Seg до 65 %; ПП Inv до 25 %; BA до 25 %.		
F – березовый лес; unECG не более 1 вида; Seg до 20 %; Inv нет; BA нет.	F – березовый лес; unECG не более 2 видов; Seg не более 30 %; Inv нет; BA нет.	F – березовый лес; unECG до 25 %; Seg до 40 %; Inv единичные особи; BA до 5 %.	F – смешанный лес / редколесье; unECG до 50 %; Seg до 60 %; ПП Inv до 25 %; BA до 25 %.		
F – «горные» сосняки; unECG не более 1 вида; Seg до 20 %; Inv нет; BA нет.	F – «горные» сосняки; unECG не более 2 видов; Seg не более 30 %; Inv нет; BA нет.	F – «горные» сосняки; unECG до 25 %; Seg до 40 %; Inv единичные особи; BA до 5 %.	F – сосновый лес / редколесье; unECG до 50 %; Seg до 60 %; ПП Inv до 25 %; BA до 25 %.		

Примечание: F – фаза трансформации; unECG – виды нехарактерных эколого-ценотических групп; S – доля сеgetальных видов; Inv – доля инвазивных видов; BA – участок, лишенный растительности, ПП – проективное покрытие.

Note: F – transformation phase; unECG – species of uncharacteristic eco-coenotic groups; S – proportion of segetal species; Inv – proportion of invasive species; BA – area devoid of vegetation, ПП – projective cover.

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

На нулевой стадии деградации экосистемы являются недеградированными. В них отсутствуют представители нехарактерных эколого-ценотических групп, доля сегетальных видов не превышает рассчитанного для эталонных сообществ показателя, инвазивные виды отсутствуют, участки, лишенные растительного покрова, отсутствуют.

На стадии очень слабой и слабой деградации экосистемы в целом продолжают сохранять свой характер, но в составе фитоценозов появляются и увеличивают свою долю нехарактерные для них виды, сегетальные виды, могут появляться инвазивные виды, участки, лишенные растительного покрова.

На стадии средней степени деградации существенно увеличивается доля видов нехарактерных для сообщества эколого-ценотических групп, сегетальных или инвазивных видов. Увеличивается площадь лишенной растительности территории. Все это свидетельствует о переломном этапе трансформации экосистемы.

На стадии сильной деградации экосистемы теряют свой степной характер и биоразнообразие, становятся идентичными за счет преобладания видов нехарактерных для них групп и/или сорных, инвазивных видов и/или увеличения доли площади лишенной растительности.

При сильной степени деградации экосистемы либо полностью теряют свой специфический лесостепной характер, либо теряют свою макробиотическую составляющую, в результате запускается вторичная сукцессия, которая при существенной трансформации биотопа может пойти по другому сукцессионному ряду.

Апробация методики. С целью апробации методики проведена оценка состояния 8 экосистем на ООПТ Кунгурской лесостепи, подверженных выраженному антропогенному воздействию (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Оценка экосистем Кунгурской лесостепи с выраженной антропогенной трансформации
Assessment of ecosystems of the Kungur forest-steppe subjected to pronounced anthropogenic transformation

ООПТ	Экосистема	Фактор деградации	F	un ECG	Seg	Inv, число видов	Inv, обилие	BA	СД*
Зуятская пещера	Каменная степь	Прогон скота	Каменная степь	5**	40	0	0	5	2
Пермско-Сергинская карстовая каменная степь	Каменная степь	Пожар (более 7 лет назад)	Каменная степь	0	52	0	0	0	3
Ординская пещера	Луговая степь	Культуры <i>Pinus sylvestris</i>	Редколесье	6	63	1	ед.	0	3
Шлюпинский камень	Луговая степь	Рекреация	Луговая степь	7	52	0	0	5	2
Ледяная гора и Кунгурская ледяная пещера	Березовый лес	Рекреация и инвазии	Березовый лес	0	0	2	ед.***	0	2
Зуятская пещера	Березовый лес	Выпас и прогон скота	Березовый лес	0	85	0	0	0	4
Спасская и Подкаменная горы	Березовый лес	Рекреация и инвазия	Березовый лес	4	45	1	5 %	10	3
Ледяная гора и Кунгурская ледяная пещера	Сосняк	Рекреация и инвазии	Сосняк	8	23	2	5 %	5	2

Примечание: * СД – степень деградации; ** – здесь и далее жирным выделены показатели, по которым экосистеме присвоена степень деградации; *** ед. – единично.

Note: * СД – degradation degree; ** – from here on the indicators according to which the ecosystem is assigned a certain degradation degree are highlighted in bold; *** ед. – single occurrences.

Степень деградации (СД) в трех случаях была определена по значениям нескольких критериев, в пяти случаях – по одному, свидетельствующему о наиболее деградированном состоянии. Для 5 экосистем определяющим критерием оказалась доля сегетальных видов (Seg), для 3 экосистем – доля инвазивных видов (Inv) и/или доля площади, лишенной растительности (BA), для 2 экосистем – доля видов нехарактерных эколого-ценотических групп (unECG), для 1 экосистемы – фаза трансформации экосистемы (F).

Для обработки большого массива полевых данных перспективна разработка программного продукта на основе данной методики.

Анализ имеющихся данных о состоянии экосистем на ООПТ Кунгурской лесостепи. В табл. 5 представлена динамика оценок состояния экосистем и их компонентов Кунгурской лесостепи, полученных на основе данных мониторинга ООПТ с 2003 по 2023 г. Для сопоставимости расчёт данных за 2023 г. проведен по тем же ООПТ, что и в вышедшей ранее публикации [20], хотя в ней не учтена такая ООПТ с выраженными степными экосистемами (рис. 1), как «Шлюпинский камень».

Экология и природопользование
Абдулманова И.Ф.

Таблица 5
Table 5

Динамика оценок состояния экосистем и их компонентов в Кунгурской лесостепи
Dynamics of the state assessment of ecosystems and their components in the Kungur forest-steppe

<i>Средневзвешенная степень деградации на сети ООПТ</i>	<i>по данным 2003–2010 гг. [7]</i>	<i>по данным на 2014 г. [32]</i>	<i>по данным на 2023 г.</i>
Почвы	–	1,1	1,5
Растительности	2,4	2,3	2,1
Трансформации экосистем	–	2,2	1,9
Экосистем	–	2,0	1,6

Состояние растительного покрова остается на уровне слабодеградированного, хотя отмечается тенденция его улучшения. Такое состояние растительности наиболее характерно для ООПТ Пермского края. Механические повреждения растительности на слабодеградированных территориях достигают не более 3 % от площади ООПТ, синантропные растения представлены единично не на всех объектах. Древостой частично разрежен выборочными и стихийными рубками [5]. Состояние почвенного покрова остается очень слабодеградированным – почвы имеют незначительные повреждения гумусового горизонта, материнской породы [20]. Состояние экосистем перешло от уровня слабодеградированного к очень слабодеградированному. Таким образом, отмечена тенденция улучшения состояния всех экосистем Кунгурской лесостепи в совокупности – как зонального характера, так и экстразонального.

Таблица 6
Table 6

Состояние специфических экосистем и их компонентов в Кунгурской лесостепи по данным мониторинга 2023 г.
The state of specific ecosystems and their components in the Kungur forest-steppe according to monitoring data from 2023

<i>Средневзвешенная степень деградации на сети ООПТ</i>	<i>Каменные степи</i>	<i>Луговые степи</i>	<i>Кустарниковые степи</i>	<i>Березовые леса</i>	<i>«Горные» сосняки</i>
Почвы	1,3	1,6	2	1,2	1,0
Растительности	1,4	1,8	2	1,3	1,9
Трансформации экосистем	0,4	1,5	1	1,1	0,9
Экосистем	1,0	1,7	1,7	1,2	1,3

Согласно данным мониторинга 2023 г., рассчитанная средневзвешенная степень деградации специфических экосистем Кунгурской лесостепи также свидетельствует об их очень слабодеградированном состоянии (табл. 6). Состояние экосистем несколько ухудшается в ряду: каменные степи > березовые леса > «горные» сосняки > луговые и кустарниковые степи.

Заключение

В целях экологической оценки состояния экосистем на особо охраняемых природных территориях Кунгурской лесостепи предложена методика, учитывающая особенности экстразональных фитоценозов. В ходе экологической оценки предлагается использовать следующие критерии: фазу трансформации экосистемы, долю видов растений нехарактерных эколого-ценотических групп, долю сегетальных видов, долю инвазивных видов растений, долю площади, которая лишена растительности.

Апробация разработанной методики на экосистемах, находящихся под выраженным антропогенным воздействием, продемонстрировала, что степень деградации экосистем может быть определена как по нескольким критериям, так и по одному, свидетельствующему о наиболее деградированном состоянии. В рассмотренных случаях все предложенные критерии оказались в роли определяющих.

Разработанная методика предоставит возможность выявления характера и скорости сукцессионных процессов в специфических экосистемах на ООПТ Кунгурской лесостепи.

В качестве перспектив исследования выделяется разработка регионального перечня синантропных видов растений и перечня видов-индикаторов особо ценных экосистем с позиций сохранения биоразнообразия. На основании указанных перечней возможна разработка индексов для оптимизации процесса оценки состояния экосистем. Перспективно определение количественного соотношения представителей различных эколого-ценотических групп в фитоценозах и учета динамики этого показателя. Для оптимизации процесса обработки данных актуальна разработка программного продукта на основе методики.

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

Библиографический список

1. Абдулманова И.Ф. Некоторые вопросы оценки степени деградации растительности особо охраняемых природных территорий регионального значения в Пермском крае: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию ФГБУ «Государственный заповедник "Басеги"». Пермь, 2022. С. 115–122. EDN: NLUWOI
2. Абдулманова И.Ф. Некоторые особенности биоразнообразия и антропогенное воздействие на природные системы Кунгурской лесостепи // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 4 (87). С. 108–121. DOI: 10.54398/20776322_2022_4_108 EDN: NGUWEZ
3. Бузмаков С.А., Овеснов С.А., Шепель А.И., Зайцев А.А. Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения: методические указания // Географический вестник. 2011 № 2. С. 49–59. EDN: OALKXV
4. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с. ISBN: 978-88-911-9487-9 EDN: PKZQOA
5. Воронов Г.А., Зайцев А.А. Состояние растительности на особо охраняемых природных территориях регионального значения в Пермском крае // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 5. С. 112. EDN: NUWGKA
6. Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. 1984. № 5. С. 3–16. EDN: TBMJXF
7. Горчаковский П.Л. Красноуфимская лесостепь ботанический феномен Предуралья // Ботанический журнал. 1967. Т. 52, № 11. С. 1574–1592. EDN: IUGFVJ
8. Гусев А.П. Фитоиндикационно-геоэкологический анализ динамики геосистем: теоретические и методические основы // Вестник Витебского государственного университета им. П.М. Машерова. 2010. № 2 (56). С. 84–89. EDN: LMBNGV
9. Ефимик Е.Г., Паинова Ю.С. Конспект флоры ООПТ «Шлюпинский камень» (Пермский край) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2019. № 1. С. 21–25. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-21-25 EDN: ZDHXGX
10. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / под ред. С.А. Овеснова. Пермь: Кн. мир, 2007. 743 с.
11. Кондратков П.В., Третьякова А.С. Конспект сегетальной флоры Свердловской области // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2019. № 1. С. 26–41. DOI: 10.17072/1994-9952-2019-1-26-41 EDN: NXOLEG
12. Красная книга Пермского края / под общ. ред. М.А. Бакланова. Пермь: Алдари, 2018. 232 с.
13. Кузьмина Ж.В. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1. С. 10–25. EDN: YYVQFT
14. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989. 223 с. ISBN: 5-02-004623-X EDN: TCKLDJ
15. Овеснов С.А. Кунгурская лесостепь: феномен или фантом? // Ботанические исследования на Урале: материалы регион. с междунар. участием науч. конф. Пермь, 2009. С. 270–275. EDN: SXAGGL
16. Овеснов С.А. Местная флора Пермского края и ее анализ. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. 215 с.
17. Третьякова А.С., Мухин В.А. Синантропная флора Среднего Урала. Екатеринбург: Издательство «Екатеринбург», 2001. 148 с. ISBN: 5-88464-005-6 EDN: UCPIZJ
18. Ханина Л.Г., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В., Шовкун М.М., Глухова Е.М. Флора сосудистых растений Центральной России. URL: <https://www.impb.ru/eco/> (дата обращения 09.01.2025)
19. Чибилев А.А. Урал: природное разнообразие и евро-азиатская граница. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 160 с. ISBN: 978-5-7691-1960-6 EDN: QKKHAB
20. Шуваев Н.С., Зайцев А.А., Бузмаков С.А. Анализ и оценка состояния особо охраняемых природных территорий Кунгурской лесостепи Пермского края // Геология, география и глобальная энергия. 2014. № 1 (52). С. 195–206. EDN: VMFBHD
21. Cutler N. Long-term primary succession: a comparison of non-spatial and spatially explicit inferential techniques. *Plant Ecol.* 2010. Vol. 208. P. 123–136. DOI: 10.1007/s11258-009-9692-2 EDN: NBAJFL
22. Erdős L., Ambarlı D., Anenkhonov O. et al. The edge of two worlds: A new review and synthesis on Eurasian forest-steppes // *Applied Vegetation Science* 21. 2018. P. 345–362. DOI: 10.1111/avsc.12382 EDN: YBXVCP
23. Hiebenga M., Orlova E., Pereskokov M. et al. Holocene history of the Kungur forest-steppe (cis-Urals, European Russia): case study Uinskoe mire // *Quaternary Science Reviews*. 2024. No. 337 (3–4). DOI: 10.1016/j.quascirev.2024.108792 EDN: PKJRUB
24. Soromotin A.V., Lanza G.R., Sizov O.S. et al. Cyclical and linear trajectories of ecosystem evolution on sand dunes in Siberian taiga: A comprehensive analysis // *Science of The Total Environment*. 2024. V. 928. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.172265 EDN: HNYKLL

References

1. Abdulmanova, I.F., (2022). Some issues of assessing the degree of degradation of vegetation in specially protected natural areas of regional significance in the Perm region // materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 40th anniversary of the Federal State Budgetary Institution "State Reserve "Basegi". Perm. pp. 115–122. (in Russian)
2. Abdulmanova, I.F. (2022). Some features of biodiversity and anthropogenic impact on natural systems of the Kungur forest-steppe. *Geology, geography and global energy*. No. 4(87). P. 108–121. doi: 10.54398/20776322_2022_4_108 (in Russian)
3. Buzmakov, S.A., Ovesnov, S.A., Shepel, A.I., Zaitsev, A.A. (2011). Ecological assessment of the state of specially protected natural areas of regional significance: Methodological guidelines. *Geographical Bulletin*. 2011 No. 2. P. 49–59. (in Russian)
4. Vinogradova, Yu.K., Mayorov, S.R., Khorun, L.V. (2010). *Black Book of the Flora of Central Russia: Alien Plant Species in the Ecosystems of Central Russia*. Moscow, GEOS. 512 p. (in Russian)
5. Voronov, G.A., Zaitsev, A.A. (2012). State of vegetation in specially protected natural areas of regional significance in Perm Krai. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the RAS*. Vol. 14. No. 5. P. 112.
6. Gorchakovskiy, P.L. (1984). Anthropogenic changes in vegetation: monitoring, assessment, forecasting. *Ecology*. No. 5. P. 3–16. (in Russian)

Экология и природопользование

Абдулманова И.Ф.

7. Gorchakovskiy, P.L. (1967). Krasnoufimsk forest-steppe: a botanical phenomenon of the Cis-Urals. *Botanical Journal*. Vol. 52. No. 11. P. 1574–1592. (in Russian)
8. Gusev, A.P. (2010). Phytoindication-geoecological analysis of the dynamics of geosystems: theoretical and methodological foundations. *Bulletin of the Vitebsk State University named after P.M. Masherov*. No. 2 (56). P. 84–89. (in Russian)
9. Efimik, E.G., Pashova, Yu.S. (2019). Abstract of the flora of the protected area "Shlyupinsky Kamen" (Perm Krai). *Bulletin of Perm University. Series: Biology*. No. 1. P. 21–25. doi: 10.17072/1994-9952-2019-1-21-25 (in Russian)
10. *Illustrated guide to plants of Perm Krai* / edited by S.A. Ovesnov. Perm: Kn. mir, 2007. 743 p. (in Russian)
11. Kondratkov, P.V., Tretyakova, A.S. (2019). Abstract of the segetal flora of the Sverdlovsk region. *Bulletin of Perm University. Series: Biology*. No. 1. P. 26–41. doi: 10.17072/1994-9952-2019-1-26-41 (in Russian)
12. *Red Book of Perm Krai* / edited by M.A. Baklanov. Perm: Aldari, 2018. 232 p. (in Russian)
13. Kuzmina, Zh.V. (2017). Dynamic changes in ecosystems and issues of their assessment. *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2017. No. 1. P. 10–25. (in Russian)
14. Mirkin, B.M., Rosenberg, G.S., Naumova, L.G. (1989). *Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology*. M.: Nauka. 223 p. (in Russian)
15. Ovesnov, S.A. (2009). Kungur forest-steppe: phenomenon or phantom? // Botanical research in the Urals: materials of the regional. with international. participation scientific. conf. Perm. Pp. 270–275. (in Russian)
16. Ovesnov, S.A. (2009). *Local flora of Perm Krai and its analysis*. Perm: Perm. state University. 215 p.
17. Tretyakova, A.S., Mukhin, V.A. (2001). *Synanthropic flora of the Middle Urals*. Ekaterinburg: Ekaterinburg Publishing House. 148 p. (in Russian)
18. Khanina, L.G., Zaugolnova, L.B., Smirnova, O.V., Shovkun, M.M., Glukhova, E.M. Flora of vascular plants of Central Russia. URL: <https://www.impb.ru/eco/> (date of access: 01/15/2025) (in Russian)
19. Chibilev, A.A. (2011). *The Urals: natural diversity and the Eurasian border*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 160 p. (in Russian)
20. Shuvaev, N.S., Zaitsev, A.A., Buzmakov, S.A. (2014). Analysis and assessment of the state of specially protected natural areas of the Kungur forest-steppe of the Perm region. *Geology, geography and global energy*. No. 1(52). P. 195–206. (in Russian)
21. Cutler, N. (2010). Long-term primary succession: a comparison of non-spatial and spatially explicit inferential techniques. *Plant Ecol.* Vol. 208, Pp.123–136. (in English)
22. Erdős, L., Ambarlı, D., Anenkhonov, O. et al. (2018). The edge of two worlds: A new review and synthesis on Eurasian forest-steppes. *Applied Vegetation Science* 21. 345–362. doi: 10.1111/avsc.12382 (in English)
23. Hiebenga, M., Orlova, E., Pereskokov, M. et al. (2024). Holocene history of the Kungur forest-steppe (cis-Urals, European Russia): case study Uinskoe mire. *Quaternary Science Reviews*. 337 (3–4). doi: 10.1016/j.quascirev.2024.108792 (in English)
24. Soromotin, A.V., Lanza, G.R., Sizov, O.S. et al. (2024). Cyclic and linear trajectories of ecosystem evolution on sand dunes in Siberian taiga: A comprehensive analysis. *Science of The Total Environment*. V. 928. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.172265 (in English)

Статья поступила в редакцию: 07.02.25, одобрена после рецензирования: 14.04.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 7 February 2025; approved after review: 14 April 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторе

Ирина Фиргатовна Абдулманова

аспирант географического факультета,
ассистент кафедры биogeоценологии
и охраны природы,
Пермский национальный
исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the author

Irina F. Abdulmanova

Postgraduate Student, Faculty of Geography;
Assistant, Department of Biogeocenology
and Nature Conservation,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: a.ir-flora@mail.ru

Научная статья

УДК 630.48:630.11

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-130-140

EDN: RBQSVE



ВЛИЯНИЕ ТИПА ЛЕСА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПИХТОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОДЗОНЫ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ПЕРМСКОГО КРАЯ К ЗАСЕЛЕНИЮ УССУРИЙСКИМ ПОЛИГРАФОМ

Людмила Александровна Иванчина¹, Эдуард Евгеньевич Ротэрмель², Евгений Григорьевич Большаков³,
Андрей Олегович Шилоносов⁴

^{1,2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

³ Пермский филиал ФГБУ «Рослесинфорг», г. Пермь, Россия

⁴ Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Пермского края», г. Пермь, Россия

¹ ivanchina.ludmila@yandex.ru

² edvard_rottermel@mail.ru

³ b.e.g@mail.ru

⁴ nefii@mail.ru

Аннотация. В последние годы стволовой вредитель дальневосточного происхождения пихты уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford) стремительно распространяется по регионам России. Не является исключением в этом отношении и Пермский край, в пределах которого опасный инвайдер обнаружен в 2022 г. Важным таксационным показателем, который влияет на устойчивость насаждений к неблагоприятным факторам, является тип леса. Цель исследования – установление влияния типа леса на устойчивость к усыханию от воздействия уссурийского полиграфа пихтовых древостоев, произрастающих в Южно-таежном районе европейской части Российской Федерации Пермского края. Объектом исследования послужили пихтовые древостои, произрастающие на территории Добрянского и Пермского лесничеств. Проанализированы материалы актов лесопатологических обследований, проведенных лесопатологами ГБУ ПК «Гослесхоз» и Центра защиты леса Пермского края в период с 2022 по 2024 г., которыми зафиксировано усыхание пихтовых древостоев от воздействия уссурийского полиграфа. В результате очаги массового размножения уссурийского полиграфа зафиксированы в насаждениях 4 типов леса: ельник зеленомошный, ельник кисличный, ельник липовый и ельник широколиственный. Все типы леса, кроме ельника зеленомошного, являются самыми распространенными в районе исследований. Худшим санитарным состоянием характеризуются пихтовые древостои, произрастающие в условиях липового типа леса: наиболее часто встречаются насаждения ельника липового с полностью погибшим пихтовым древостоем. По мнению авторов, это связано с долей участия пихты в составе древостоев: в среднем в насаждениях ельника липового участие пихты в формуле состава древостоев на 1 единицу ниже, чем в насаждениях других типов леса. Установлена обратная корреляционная связь между долей участия пихты в составе древостоев и долей погибших от воздействия *P. proximus* деревьев.

Ключевые слова: тип леса, уссурийский полиграф, Пермский край, пихтовые древостои, лесопатологическое обследование, средневзвешенный балл санитарного состояния

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-76-10057, URL: <https://rscf.ru/project/24-76-10057/>

Для цитирования: Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносов А.О. Влияние типа леса и типа лесорастительных условий на устойчивость пихтовых древостоев подзоны южной тайги Пермского края к заселению уссурийским полиграфом // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 130–140. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-130-140. EDN: RBQSVE



Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-130-140

EDN: RBQSVE

**THE INFLUENCE OF THE TYPE OF FOREST ON THE RESISTANCE OF FIR STANDS
IN THE SOUTHERN TAIGA SUBZONE OF PERM KRAI TO COLONIZATION
BY THE FOUR-EYED FIR BARK BEETLE**

Ludmila A. Ivanchina¹, Ehdvard E. Rotehrmel², Evgenij G. Bol'shakov³, Andrej O. Shilonosov⁴

^{1,2} Perm State University, Perm, Russia

³ Federal State Budgetary Institution 'Roslesinform', Perm Branch, Perm, Russia

⁴ Perm Krai Forest Protection Center, Branch of the Federal Budgetary Institution 'Roslesozashchita', Perm, Russia

¹ ivanchina.ludmila@yandex.ru

² edvard_rotermel@mail.ru

³ b.e.g@mail.ru

⁴ nefii@mail.ru

Abstract. In recent years, the four-eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894), a fir tree pest of Far Eastern origin, has been rapidly spreading across the regions of Russia. Perm Krai is no exception in this regard: the dangerous invader was discovered in its territory in 2022. The type of forest is an important taxation indicator that affects the resistance of plantations to unfavorable factors. The aim of the study was to establish, using the example of fir stands growing in the South-taiga zone of Perm Krai (European part of the Russian Federation), how the forest type influences the resistance of fir stands to drying out caused by the impact of the four-eyed fir bark beetle. The objects of the study were fir stands growing on the territory of the Dobryanka and Perm forestries. The authors analyzed materials of forest pathology surveys conducted by forest pathologists in the period from 2022 to 2024, which showed the drying out of fir stands from the effects of the four-eyed fir bark beetle. The foci of the beetle's mass reproduction were detected in the territory of distribution of 4 types of forests: green moss spruce forest, wood sorrel spruce forest, linden spruce forest, and broad-grass spruce forest. All the types of forests, except for the green moss spruce one, are the most widespread in the study area. The sanitary condition of fir stands growing under the linden forest type conditions is characterized as the worst: the most common are linden spruce stands with a completely dead fir stand. In the authors' opinion, this is due to the share of fir in the composition of the stands: in linden spruce stands, the average share of fir in the composition formula of forest stands is 1 unit lower than in stands of other forest types. There is an inverse correlation between the proportion of fir in the stand composition and the percentage of trees killed by the effects of the four-eyed fir bark beetle.

Keywords: type of forest, four-eyed fir bark beetle, Perm Krai, fir wood, forest pathology research, weighted average scores of the sanitary condition

Funding. The study was funded by the Russian Science Foundation, project No. 24-76-10057, URL: <https://rscf.ru/project/24-76-10057/>

For citation: Ivanchina, L.A., Rotehrmel', E.E., Bol'shakov, E.G., Shilonosov, A.O. (2025). The influence of the type of forest on the resistance of fir stands in the southern taiga subzone of Perm Krai to colonization by the four-eyed fir bark beetle. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 130–140. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-130-140. EDN: RBQSVE

Введение

В последние годы стволовой вредитель пихты дальневосточного происхождения уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894, далее по тексту: *P. proximus*) (*Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae*) стремительно распространяется по регионам России [2, 7–9, 22]. Впервые в Пермском крае опасный инвазивный вредитель был обнаружен в 2022 г. в двух лесных районах: в Южно-таежном районе европейской части Российской Федерации и в районе хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации [2, 8, 12]. В 2023 г. территория, в пределах которой было подтверждено присутствие *P. proximus*, расширилась: повреждению также подверглись пихтовые древостои, произрастающие в Средне-Уральском таежном районе [12, 14].

Лесорастительные условия и, соответственно, типы леса оказывают влияние на продуктивность насаждений. Более устойчивы к неблагоприятным воздействиям среды насаждения, которые произрастают в оптимальных лесорастительных условиях [6].

Лесные участки с общим типом лесорастительных условий, с одинаковым составом древостоев и с рядом других общих признаков объединяются в типы леса [19].

Цель исследования – установление влияния типа леса на устойчивость к усыханию от воздействия уссурийского полиграфа пихтовых древостоев, произрастающих в Южно-таежном районе европейской части Российской Федерации Пермского края.

Экология и природопользование

Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносоев А.О.

Материалы и методы

Исследования проведены в пихтовых древостоях на территории Добрянского и Пермского лесничеств, которые расположены в Южно-таежном районе европейской части Российской Федерации Пермского края [14].

В течение последних трех лет в процессе лесопатологических обследований в пределах Добрянского и Пермского лесничеств повреждение уссурийским полиграфом обнаружено в границах 112 лесных участков, общая площадь которых составляет 1891,7 га (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Количество и площадь обследованных лесных участков,
в границах которых зафиксировано наличие уссурийского полиграфа
The number and area of surveyed forest plots
within the boundaries of which the presence of the four-eyed fir bark beetle has been recorded

Лесничество	Количество и площадь обследованных лесных участков в году, шт./га			Итого, шт./га
	2022	2023	2024	
Добрянское	<u>53</u> 984,8	<u>17</u> 370,3	<u>13</u> 191,7	<u>83</u> 1546,8
Пермское	<u>6</u> 47,6	<u>1</u> 11	<u>22</u> 286,3	<u>29</u> 344,9
Итого, шт./га	<u>59</u> 1032,4	<u>18</u> 381,3	<u>35</u> 478,0	<u>112</u> 1891,7

Наибольшая площадь пихтовых древостоев, поврежденных *P. proximus*, обследована на территории Добрянского лесничества (1546,8 га), из них 984,8 га обследовано в год обнаружения вредителя (в 2022 г.).

Рассматривались все возрастные группы, кроме молодняков. Чистые пихтарники в районе исследований отсутствуют. Доля участия пихты в составе древостоев до воздействия вредителя варьировала от 5 до 60 %.

Для условий Пермского края лесоустройством была адаптирована типология леса, предложенная В.Н. Сукачевым [4], для которой были выделены в отдельные типы леса ельник зеленомошный, ельник широколиственный, а также сосняки зеленомошный и травяной [17]. Ниже приводится описание типов леса, послуживших объектами исследования [17].

Ельник зеленомошный (Е. зм.). Почвы под насаждениями ельника зеленомошного глубокоподзолистые малогумусные суглинистые. В составе древостоев преобладают ель (*Picea obovata* Ledeb.) и пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), единично участвуют сосна (*Pinus sylvestris* L.), береза (*Betula* L.) и осина (*Populus tremula* L.). Средний класс бонитета – III (II). Подлесок редкий и состоит из шиповника майского (*Rosa majalis* Herrm.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.). В напочвенном покрове произрастают плевроциум Шребера (*Pleurozium Schreberi* (Brid.) Mitt.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt).

Ельник кисличный (Е. к.). Указанный тип леса формируется на неглубокоподзолистых среднегумусных суглинистых почвах. Основными породами, составляющими древостой, являются ель (*Picea obovata* Ledeb.), пихта (*Abies sibirica* Ledeb.) и береза (*Betula* L.). Реже встречаются осина (*Populus tremula* L.) и липа (*Tilia* L.). Средний класс бонитета – II (III). Подлесок средней густоты, его формируют рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.). Напочвенный покров составляют кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), медуница лекарственная (*Pulmonaria officinalis* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.).

Ельник липовый (Е. лп.). Почвы ельника липового дерново-подзолистые среднегумусные суглинистые. В составе древостоев участвуют ель (*Picea obovata* Ledeb.), пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), липа (*Tilia* L.), береза (*Betula* L.). Средний класс бонитета – II (III). Густой подлесок в основном состоит из липы сердцелистной (*Tilia cordata* Mill.). Напочвенный покров слагают копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), звездчатка ланцетовидная (*Stellaria holostea* L.).

Ельник широколиственный (Е. тр.). В условиях ельника широколиственного формируются дерново-подзолистые глееватые суглинистые или глинистые почвы с большим содержанием гумуса. В составе древостоев участвуют ель (*Picea obovata* Ledeb.), пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), береза (*Betula* L.), осина (*Populus tremula* L.), липа (*Tilia* L.), сосна (*Pinus sylvestris* L.). Средний класс бонитета – II (III). В подлеске, среднем по густоте, встречаются шиповник майский (*Rosa majalis* Herrm.), черёмуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.). В составе напочвенного покрова участвуют лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.), борец обыкновенный (*Aconitum septentrionale* Koelle).

Проанализированы материалы актов лесопатологических обследований, проведенных лесопатологами ГБУ ПК «Гослесхоз» и Центра защиты леса Пермского края в период с 2022 по 2024 г. Указанные акты содержат сведения о таксационной характеристике насаждений, о распределении запаса древесины по категориям санитарного состояния, о средневзвешенных баллах санитарного состояния по каждой породе, о встречаемости заселенных и отработанных вредителями деревьев. Кроме того, в каждом акте лесопатологического обследования содержится информация о причинах повреждения насаждения, о видах вредителей и болезней, которыми заражены деревья.

Экология и природопользование

Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносков А.О.

Лесопатологическое обследование проводится в соответствии с приказом Минприроды России от 9 ноября 2020 г. № 910 «Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования» [15]. Средневзвешенные баллы санитарного состояния определены и оценены согласно методике, представленной в действующих Правилах санитарной безопасности в лесах [16]. При распределении категорий санитарного состояния к живым относили деревья, имеющие следующие категории санитарного состояния: «без признаков ослабления», «ослабленные» и «сильно ослабленные», а к погибшим – «усыхающие», «свежий сухостой» и «старый сухостой». Категории санитарного состояния деревьев в процессе лесопатологических обследований определяются согласно шкале, представленной в действующих Правилах санитарной безопасности в лесах [16].

Распределение территории произрастания пихтовых древостоев, расположенных в пределах Добрянского и Пермского лесничеств, по типам леса выполнено по материалам таксационных описаний.

Результаты

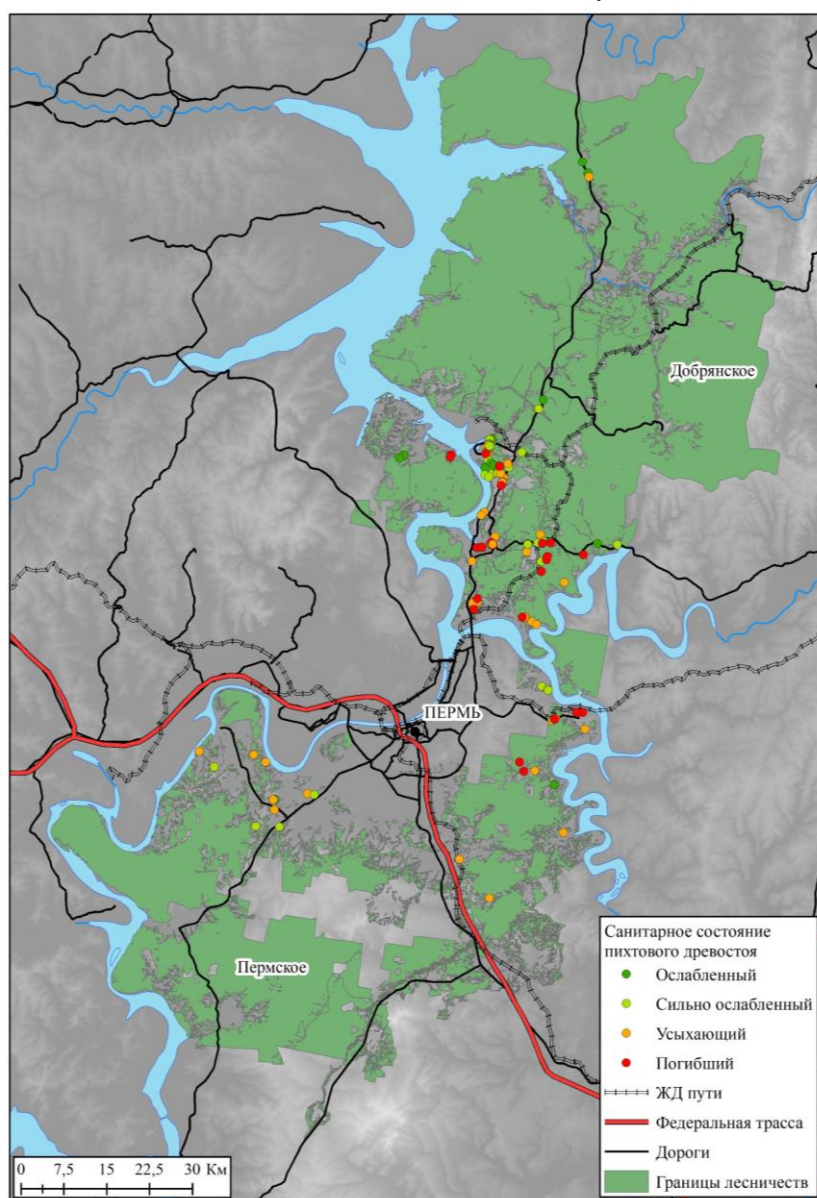


Рис. Схема расположения обследованных лесных участков в пределах Добрянского и Пермского лесничеств, распределенных по категориям санитарного состояния пихтового древостоя
Fig. The location of surveyed forest areas within the boundaries of the Dobryanka and Perm forestry districts, categorized by the sanitary condition of the fir stands

Схема подготовлена в программном обеспечении QGIS, версия 3.22. Расчет статистических показателей и коэффициента корреляции Спирмена выполнялся в программах Microsoft Excel версии 2019 г. и Statistica, версия 12. Значимость коэффициентов корреляции оценивалась при уровне значимости $p=0,05$. Расчет корреляции V-коэффициента Крамера произведен с помощью языка программирования R в среде R 4.4.2 [1, 20].

В процессе лесопатологических обследований в Добрянском лесничестве наиболее подробно обследована южная часть территории (рис.). В то же время в Пермском лесничестве южная часть территории не обследована. При этом большинство обнаруженных очагов массового размножения *P. proximus* расположено вдоль автомобильных трасс, железных дорог и крупных рек.

Пихтовые древостои, произрастающие в границах Пермского лесничества, являются преимущественно усыхающими, а в северо-восточной части лесничества зафиксированы погибшие древостои.

Лесоустройством в районе исследований выделено 23 типа леса (табл. 2). Значительно преобладают насаждения ельника липового (они составляют более 63 % от общей лесов, произрастающих в районе исследований). Также распространены ельники широколиственные (14,62 %) и ельники кисличные (13,84 %).

Экология и природопользование
Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносков А.О.

Таблица 2

Table 2

Распределение территории произрастания пихтовых древостоев, расположенных в пределах Добрянского и Пермского лесничеств, и очагов массового размножения уссурийского полиграфа по типам леса
Distribution of the habitat of fir stands located within the boundaries of the Dobryanka and Perm forestries and foci of mass reproduction of the four-eyed fir bark beetle by types of forest

Тип леса	Площадь произрастания пихтовых древостоев						Площадь очагов массового размножения уссурийского полиграфа					
	Добрянское лесничество		Пермское лесничество		Итого		Добрянское лесничество		Пермское лесничество		Итого	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
С.дм.	2,8	0,002	—	—	2,8	0,001	—	—	—	—	—	—
Е.зм.	1715,6	1,10	1030,5	1,07	2746,1	1,09	143,2	9,26	—	—	143,2	7,57
С.зм.	117,2	0,08	283,9	0,30	401,1	0,16	—	—	—	—	—	—
С.лп.	34,7	0,02	208,2	0,22	242,9	0,10	—	—	—	—	—	—
Е.ч.	5842,2	3,75	129,1	0,13	5971,3	2,37	—	—	—	—	—	—
С.ч.	5,9	0,004	47,8	0,05	53,7	0,02	—	—	—	—	—	—
Е.дм.	2950,4	1,89	61,6	0,06	3012	1,20	—	—	—	—	—	—
Е.охв.	724,8	0,47	—	—	724,8	0,29	—	—	—	—	—	—
Ол.пм.	—	—	432,3	0,45	432,3	0,17	—	—	—	—	—	—
Е.осф.	75,3	0,05	—	—	75,3	0,03	—	—	—	—	—	—
Е.сф.	169	0,11	—	—	169	0,07	—	—	—	—	—	—
Е.к.	21859,4	14,03	12975,1	13,53	34834,5	13,84	392,5	25,37	164	47,55	556,5	29,42
С.к.	22,5	0,01	490,2	0,51	512,7	0,20	—	—	—	—	—	—
Е.лп.	100691,6	64,61	59278,1	61,83	159969,7	63,55	796,8	51,51	90,5	26,24	887,3	46,90
Лп.сн.	—	—	857	0,89	857	0,34	—	—	—	—	—	—
Е.втр.	18	0,01	42,4	0,04	60,4	0,02	—	—	—	—	—	—
Е.тр.	18471,3	11,85	18338	19,13	36809,3	14,62	214,3	13,85	90,4	26,21	304,7	16,11
С.тр.	35,8	0,02	239	0,25	274,8	0,11	—	—	—	—	—	—
Е.мш.	—	—	7	0,01	7	0,003	—	—	—	—	—	—
Е.пап.	—	—	72	0,08	72	0,03	—	—	—	—	—	—
Е.лг.	2573	1,65	807,3	0,84	3380,3	1,34	—	—	—	—	—	—
Б.пм.	526,6	0,34	427,3	0,45	953,9	0,38	—	—	—	—	—	—
Ол.тв.	—	—	148,8	0,16	148,8	0,06	—	—	—	—	—	—
Всего	155836,1	100	95875,6	100	251711,7	100	1546,8	100	344,9	100	1891,7	100

Согласно материалам табл. 2, очаги массового размножения *P. proximus* зафиксированы в насаждениях 4 типов леса: ельник зеленомошный, ельник кисличный, ельник липовый и ельник широколиственный. Все типы леса, кроме ельника зеленомошного, являются самыми распространенными в районе исследований.

Худшим санитарным состоянием характеризуются пихтовые древостои, произрастающие в насаждениях липового типа леса (табл. 3). Среднее значение средневзвешенного балла санитарного состояния пихтовых древостоев в условиях липового типа леса превышает 4,0 (усыхающие пихтовые древостои), а наиболее часто встречающееся значение – 4,88 (погибшие пихтовые древостои). Доля живых деревьев пихты в среднем не превышает 28,3 %, а доля погибших в среднем составляет 65 %. При этом наиболее часто встречаются насаждения ельника липового с полностью погибшим пихтовым древостоем.

Экология и природопользование
Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносоев А.О.

Таблица 3

Table 3

Санитарное состояние и встречаемость поврежденных уссурийским полиграфом деревьев пихты
в насаждениях разных типов леса
Sanitary condition and occurrence of fir trees damaged by the four-eyed fir bark beetle
in stands of different types of forest

Исследуемый показатель	Тип леса	Статистические показатели								
		Среднее значение	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум	Интервал	Медиана	Мода	Коэффициент вариации, %
Средневзвешенный балл санитарного состояния пихтового древостоя	Е.зм.	3,40	0,33	0,88	2,41	4,69	2,28	2,94	-	25,84
	Е.к.	3,34	0,17	0,94	1,53	4,82	3,29	3,42	-	28,01
	Е.лп.	4,04	0,13	0,83	2,20	5,0	2,8	4,22	4,88	20,51
	Е.тр.	3,53	0,17	0,95	1,60	5,0	3,40	3,37	2,33	27,01
Доля живых деревьев пихты от общего запаса пихтового древостоя, %	Е.зм.	44,31	10,01	26,47	8,33	78,0	69,67	52,18	-	59,75
	Е.к.	43,17	4,97	27,66	0	93,33	93,33	39,23	0	64,08
	Е.лп.	28,29	4,09	26,54	0	92,0	92,0	26,67	0	93,79
	Е.тр.	41,27	4,80	27,17	0	97,14	97,14	42,64	0	65,83
Доля погибших деревьев пихты от общего запаса пихтового древостоя, %	Е.зм.	49,41	9,63	25,49	13,33	80,0	66,67	43,47	-	51,58
	Е.к.	46,20	4,50	25,03	6,67	97,48	90,81	50,0	51,43	54,19
	Е.лп.	64,91	4,39	28,43	4,0	100,0	96,0	67,77	100,0	43,81
	Е.тр.	52,70	4,81	27,20	2,86	100,0	97,14	49,61	75,0	51,62
Встречаемость заселен- ных <i>P. proximus</i> деревьев от общего запаса пихто- вого древостоя, %	Е.зм.	61,81	7,36	19,47	25,0	80,0	55,0	66,10	-	31,50
	Е.к.	48,47	5,11	28,44	3,0	88,0	85,0	54,80	3,0	58,68
	Е.лп.	48,20	4,32	27,65	11,0	100,0	89,0	38,0	21,0	57,35
	Е.тр.	57,36	5,09	28,81	0	88,50	88,50	68,05	0	50,22
Встречаемость отработан- ных <i>P. proximus</i> деревьев от общего запаса пихто- вого древостоя, %	Е.зм.	18,93	5,64	14,93	5,30	46,0	40,70	14,30	-	78,88
	Е.к.	11,30	2,30	12,78	0	48,30	48,30	9,50	0	113,18
	Е.лп.	23,79	4,10	26,28	0	77,80	77,80	14,0	0	110,47
	Е.тр.	17,12	4,36	24,68	0	100,0	100,0	8,35	0	144,11
Встречаемость заселен- ных и отработанных <i>P.</i> <i>proximus</i> деревьев от об- щего запаса пихтового древостоя, %	Е.зм.	80,74	3,43	9,06	65,70	89,30	23,60	84,30	-	11,23
	Е.к.	59,77	5,40	30,08	7,0	100,0	93,0	70,70	7,0	50,32
	Е.лп.	72,0	5,12	32,76	14,0	100,0	86,0	75,0	100,0	45,51
	Е.тр.	74,49	4,35	24,61	12,0	100,0	88,0	82,50	100,0	33,04

О высокой доле отпада деревьев пихты от воздействия *P. proximus* свидетельствуют минимальные значения доли живых деревьев пихты от общего запаса пихтового древостоя: в ельниках кисличного, липового и широколиственного типов леса имеются насаждения, в которых отсутствуют живые деревья пихты, причем таких насаждений большинство (значение моды составляет 0).

Доля деревьев, усохших в текущем году от воздействия уссурийского полиграфа, преобладает над долей погибших в предыдущие годы. Показатели встречаемости также свидетельствуют о массовом усыхании деревьев пихты в условиях липового типа леса. Только в насаждениях ельника липового встречаемость заселенных *P. proximus* деревьев пихты достигает 100 %, а наиболее часто наблюдается более высокое значение (21,0 %), чем в насаждениях других типов леса.

Встречаемость заселенных и отработанных *P. proximus* деревьев заметно ниже в насаждениях ельника кисличного (в среднем составляет 59,77 %). Минимальное значение встречаемости составляет 7 %, и таких насаждений большинство.

Таким образом, самым худшим санитарным состоянием характеризуются пихтовые древостои, произрастающие в условиях липового типа леса. По мнению авторов, это объясняется долей участия пихты в составе древостоев (табл. 4).

Экология и природопользование
Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносков А.О.

Таблица 4

Table 4

Доля участия пихты в составе древостоев насаждений разных типов леса до усыхания
от воздействия *P. proximus*
The share of fir in the composition of forest stands of different forest types before drying out
due to the impact of the four-eyed fir bark beetle

Тип леса	Статистические показатели доли участия пихты в составе древостоев								
	Среднее значение	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение	Минимум	Максимум	Интервал	Медиана	Мода	Коэффициент вариации, %
Ельник зеленомошный	19,3	4,1	11,0	5	30	25	20	30	56,9
Ельник кисличный	21,1	2,3	12,7	5	50	45	20	20	60,1
Ельник липовый	12,1	2,0	12,7	5	60	55	10	5	104,9
Ельник широколиственный	20,0	2,3	12,8	5	60	55	20	20	64,1

В насаждениях зеленомошного, кисличного и широколиственного типов леса участие пихты в среднем составляет 2 единицы в формуле состава древостоев, а в насаждениях ельника липового – 1 единицу. В ельниках зеленомошного типа леса наиболее часто встречаются насаждения с долей участия пихты в составе древостоев 30 %, в ельниках кисличного и широколиственного типов леса – 20 %, а в ельнике липовом – только 5 % (меньше 1 единицы в формуле состава древостоев).

В табл. 5 приведены показатели, для которых выявлена значимая корреляция с долей участия пихты в составе древостоев. Положительная значимая зависимость наблюдается между долей участия пихты в составе древостоев и долей живых деревьев: высокая сила связи характерна для насаждений зеленомошного типа леса, средняя – для насаждений липового и широколиственного типов леса. Очень слабая корреляция наблюдается только в насаждениях кисличного типа леса.

Таблица 5

Table 5

Статистически значимые корреляции между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и состоянием деревьев после воздействия *P. proximus* (при p -значении = 0,05)

Statistically significant correlations between the proportion of fir in the composition of forest stands before drying out and the sanitary condition of fir trees after being affected by *P. proximus* (at p -value = 0.05)

Исследуемая связь	Тип леса	Коэффициент корреляции Спирмена	Сила связи по шкале Чеддока
Между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и средневзвешенным баллом санитарного состояния пихтового древостоя после воздействия <i>P. proximus</i>	Е.зм.	-0,7111	Высокая
	Е.к.	-0,0234	Очень слабая
	Е.лп.	-0,4607	Слабая
	Е.тр.	-0,5429	Средняя
Между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и долей живых деревьев пихты после воздействия <i>P. proximus</i>	Е.зм.	0,7111	Высокая
	Е.к.	0,0394	Очень слабая
	Е.лп.	0,5177	Средняя
	Е.тр.	0,5162	Средняя
Между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и долей погибших деревьев пихты после воздействия <i>P. proximus</i>	Е.зм.	-0,5988	Средняя
	Е.к.	-0,0801	Очень слабая
	Е.лп.	-0,5474	Средняя
	Е.тр.	-0,4606	Слабая
Между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и встречаемостью заселенных и обработанных уссурийским полиграфом деревьев пихты	Е.зм.	-0,1684	Очень слабая
	Е.к.	0,2134	Очень слабая
	Е.лп.	-0,3935	Слабая
	Е.тр.	-0,3856	Слабая

Доля участия пихты в составе древостоев имеет значимую отрицательную корреляцию со средневзвешенным баллом санитарного состояния и с долей погибших деревьев пихты. Более сильная связь характерна для насаждений зеленомошного типа леса. В насаждениях остальных типов леса связь слабее.

Экология и природопользование

Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносоев А.О.

Между долей участия пихты в составе древостоев до усыхания и встречаемостью заселенных и отработанных уссурийским полиграфом деревьев пихты установлены очень слабые (в насаждениях зеленомошного и кисличного типов леса) и слабые (в насаждениях липового и широколиственного типов леса) зависимости. Причем в ельнике кисличном связь положительная, а в насаждениях остальных типов леса – отрицательная.

Слабую силу связи между типом леса и категорией санитарного состояния пихтового древостоя показал V-коэффициент Крамера (значение Cramer V составляет 0,184).

Обсуждение результатов

Расположение очагов массового размножения *P. proximus* вдоль транспортных артерий объясняется распространением вредителя при перевозке необработанной древесины [23].

Результаты исследований свидетельствуют, что в южно-таежном районе европейской части Российской Федерации Пермского края уссурийский полиграф в основном заселяет пихтовые древостои, произрастающие в наиболее распространенных типах леса.

В течение трех лет лесопатологических обследований в менее распространенных типах леса вредитель почти не встречался и был обнаружен только в насаждениях ельника зеленомошного (доля насаждений, произрастающих в указанном типе леса, в районе исследований составляет 1,09 %).

Рассчитанные коэффициенты корреляции свидетельствуют, что чем меньше доля участия пихты в составе древостоев, тем больше деревья пихты подвержены заселению уссурийским полиграфом. Установлена обратная корреляционная связь между долей участия пихты в составе древостоев и долей поврежденных *P. proximus* деревьев. В смешанных насаждениях, где небольшой запас породы деревьев, служащих источником питания, наблюдается высокая вероятность полного заселения древостоя вредителем.

Ранее установлено, что стволовой вредитель короед-типограф (*Ips typographus* L.), заселяющий ельники Пермского края, в большей степени заселяет леса, произрастающие в менее благоприятных условиях [5, 13, 21]. Подобные предпочтения и закономерности, связанные с условиями произрастания заселяемых уссурийским полиграфом насаждений, отсутствуют. Условия произрастания не влияют на распространение *P. proximus*. Распространение вредителя в насаждениях разных типов леса зависит от доли участия пихты в составе древостоев.

Согласно исследованиям, проведенным в других регионах России, *P. proximus* формирует очаги массового размножения в насаждениях наиболее распространенных типов леса. В частности, в Республике Алтай [11] уссурийским полиграфом заселены насаждения, относящиеся к распространенной в районе исследований широколиственной группе типов леса, при этом наилучшим жизненным состоянием характеризуются деревья пихты, произрастающие в пихтарнике кустарниково-разнотравно-крупнопоротниковом, а наихудшим – в пихтарнике крупнотравно-папоротниковом. В Томской области в период 2008–2011 гг. вредитель также был обнаружен в насаждениях разнотравной группы типов леса [10]. В более поздних научных экспедициях (2016–2017 гг.) наличие очагов массового размножения инвайдера выявлено в пихтовых насаждениях как разнотравного типа леса, так и зеленомошного [3]. При этом автором отмечается, что насаждения указанных типов леса являются типичными (фоновыми) для южной тайги Западной Сибири.

Проблему деградации и трансформации состава и структуры травяного яруса в очагах массового размножения вредителя поднимает Н.А. Чернова [18]. На территории Ларинского ландшафтного заказника до начала заселения насаждений инвазионным дендрофагом были распространены мелкотравные и мелкотравно-зеленомошные пихтовые леса. При распаде древостоя образуются крупнопоротниково-разнотравные растительные сообщества, которые при полной деградации лесов сменяются крапивными фитоценозами.

В дальнейшем авторами планируется продолжить изучение влияния таксационных показателей на устойчивость деревьев пихты к воздействию *P. proximus*. Будет рассмотрено влияние полноты древостоев, влияние породного состава насаждений, проведено сравнение диаметров и форм поперечных сечений стволов деревьев пихты разных категорий санитарного состояния, а также сравнение показателей крон живых деревьев пихты и свежего сухостоя. Установление влияния таксационных характеристик на устойчивость древостоев пихты к повреждению уссурийским полиграфом позволит разработать рекомендации по борьбе с вредителем лесоводственными способами.

Заключение

Материалами лесопатологического обследования на территории Пермского и Добрянского лесничеств Пермского края очаги массового размножения уссурийского полиграфа зафиксированы в насаждениях 4 типов леса: ельник зеленомошный, ельник кисличный, ельник липовый и ельник широколиственный. При этом все типы леса, кроме ельника зеленомошного, являются самыми распространенными в районе исследования.

Худшим санитарным состоянием характеризуются пихтовые древостои, произрастающие в насаждениях липового типа леса. В насаждениях указанного типа леса наиболее часто встречаются полностью погибшие пихтовые древостои. Это объясняется невысоким участием пихты в составе древостоев: в среднем в насаждениях ельника липового участие пихты в формуле состава древостоев на 1 единицу ниже, чем в насаждениях других типов леса. Чем меньше доля участия пихты в составе древостоев, тем больше деревья пихты подвержены заселению уссурийским полиграфом. Указанный вывод подтверждается статистически значимой корреляцией доли участия пихты в составе древостоев с показателями санитарного состояния пихтовых древостоев в насаждениях зеленомошного (высокая сила связи), липового (средняя сила связи) и широколиственного (средняя сила связи) типов леса.

Дальнейшее установление влияния таксационных показателей на устойчивость деревьев пихты к воздействию *P. proximus* позволит разработать рекомендации по борьбе с вредителем лесоводственными способами.

Экология и природопользование

Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шиловосов А.О.

Библиографический список

1. Баврина А.П., Борисов И.Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. 2021. № 3 (68). С. 70–79. EDN: TPSSIX
2. Бисирова Э.М., Кривец С.А., Черногоров П.Н. Распространение и популяционные характеристики уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* на севере Томской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 244. С. 7–25. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.244.7-25 EDN: LTMGHF
3. Дебков Н.М. Влияние уссурийского полиграфа на онтогенетическую структуру пихтовых лесов Западной Сибири // Лесн. журн. (Изв. высш. учеб. заведений). 2018. № 5. С. 116–125. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.116 EDN: YNDMEP
4. Иванов В.А., Москальченко С.А., Бакшеева Е.О., Ерохина З.В. Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация. Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2019. 253 с.
5. Иванчина Л.А., Залесов С.В. Влияние условий местопроизрастания на усыхание еловых древостоев // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 2 (64). С. 56–60. EDN: YMXGOZ
6. Капустин А.Н. Биологическая устойчивость еловых насаждений в очагах кородеда-типографа на примере еловых насаждений Клетнянского лесничества // Актуальные проблемы развития лесного комплекса и ландшафтной архитектуры: материалы международной научно-практической конференции. Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2016. С. 90–95. EDN: YUYQMJ
7. Керчев И.А., Волкова Е.С., Мельник М.А. Возможности ГИС для изучения процессов распространения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах Сибири // Вестник СГУГиТ. 2021. Т. 26, № 4. С. 44–54. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-4-44-54 EDN: BTYUSI
8. Кобзарь В.Ф., Колесова Н.И., Петрик А.А. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 в пихтарниках экопарка «Озера на Снежной» (Иркутская область) // Фитосанитария. Карантин растений. 2023. № 1 (13). С. 59–71. DOI: 10.69536/a4850-3897-3753-x EDN: SBFRCE
9. Коваль Ю.Н. О влиянии полиграфа уссурийского на лесопожарную обстановку // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2020. № 6 (24). С. 34–36. EDN: GLQGGM
10. Кривец С.А. Заметки по экологии уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Scolytidae) в Западной Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 200. С. 94–105. EDN: RHMHS
11. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Пац Е.Н., Чернова Н.А. Популяционные характеристики и влияние уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. на состояние пихтовых лесов Северо-Восточного Алтая // Известия Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 37–48. EDN: TEYOSP
12. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Астапенко С.А., Ефременко А.А., Косилов А.Ю., Кудрявцев П.П., Кузнецова Ю.Р., Пономарев В.И., Потапкин А.Б., Тараскин Е.Г., Титова В.В., Шиловосов А.О., Баранчиков Ю.Н. Обзор современного вторичного ареала уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford) на территории Российской Федерации // Российский журнал биологических инвазий. 2024. № 1. С. 49–69. DOI: 10.35885/1996-1499-17-1-49-69 EDN: HCONSC
13. Маслов А.Д. Кородеда-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с. ISBN: 978-5-94219-170-2 EDN: ZUYBVD
14. Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации: утверждены Приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367. URL: <https://www.consultant.ru>
15. Об утверждении Порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования: утвержден приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 9 ноября 2020 г. № 910. URL: <https://www.consultant.ru>
16. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах: утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 г. № 2047. URL: <https://www.consultant.ru>
17. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Пермской области. Пояснительная записка. Т. 1. Пермь, 2000. 434 с.
18. Чернова Н.А. Изменение травяного покрова пихтовых лесов в очагах размножения уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford (на примере Томской области) // IX Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: материалы международной конференции. СПб: СПбГЛТУ, 2016. С. 127. DOI: 10.21266/SPBFTU.2016.9 EDN: XBPMKD
19. Чураков Б.П., Чураков Д.Б. Лесоведение. Ульяновск: УлГУ, 2018. 259 с.
20. Cramer H. Mathematical Methods of Statistics. Princeton: Princeton University Press, 1946. 575 p.
21. Ivanchina L., Kovalev V., Makurin D., Poplyakov E., Solontsov O., Korotaeva N. The influence of the type of forest and the type of forest growing conditions on the stability of spruce stands in the zone of coniferous-deciduous forests of the Perm Krai // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. No. 15 (4). P. 92–111. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-4-92-111 EDN: NLQQZH
22. Kovalev A., Tarasova O., Soukhovolsky V., Ivanova Y. Is It Possible to Predict a Forest Insect Outbreak? Backtesting Using Remote Sensing Data // Forests. 2024. Vol. 15. P. 1458. DOI: 10.3390/f15081458 EDN: QQJAPJ
23. Krivets S.A., Bisirova E.M., Kerchev I.A., Pats E.N., Chernova N.A. Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) // Russian Journal of Biological Invasions. 2015. Vol. 6 (2). P. 94–108. DOI: 10.1134/S2075111715020058 EDN: UEWNV

References

1. Bavrina, A.P., Borisov, I.B. (2021). *Sovremennyye pravila primeneniya korrelyatsionnogo analiza* [Modern rules of the application of correlation analysis]. *Meditsinskiy al'manakh* [Medical almanac]. No. 3 (68). Pp. 70–79.
2. Bisirova, E.M., Krivets, S.A., Chernogorov, P.N. (2023). *Rasprostraneniye i populyatsionnyye kharakteristiki ussuriyskogo poligrafa Polygraphus proximus na severe Tomskoy oblasti* [Distribution and population characteristics of the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* in the north of the Tomsk Oblast]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii*. Iss. 244. Pp. 7–25. doi: 10.21266/2079-304.2023.244.7-25

Экология и природопользование

Иванчина Л.А., Ротэмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносоев А.О.

3. Debkov, N.M. (2018). Vliyanie ussuriyskogo poligrafa na ontogeneticheskuyu strukturu pikhtovykh lesov Zapadnoy Sibiri [Four-Eyed Fir Bark Beetle Influence on the Ontogenetic Structure of Fir Forests in Western Siberia]. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal]. No. 5. Pp. 116–125. doi: 10.17238/issn0536-1036.2018.5.116
4. Ivanov, V.A., Moskalchenko, S.A., Baksheeva, E.O., Erokhoin, Z.V. (2019). *Lesovedenie, lesovodstvo, lesoustroystvo i lesnaya taksatsiya* [Forest science, forestry, forest management and forest inventory]. Krasnoyarsk, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. 253 p.
5. Ivanchina, L.A., Zalesov, S.V. (2017). Vliyanie usloviy mestoproizrastaniya na usykhaniye elovykh drevostoev [Influence of conditions of the place of growth on the drying out of spruce stands]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Izvestia Orenburg State Agrarian University]. No. 2(64). Pp. 56–60.
6. Kapustin, A.N. (2016). *Biologicheskaya ustoychivost' elovykh nasazhdeniy v ochagakh koroeda-tipografa na primere elovykh nasazhdeniy Kleynyanskogo lesnichestva* [Biological stability of spruce stands in the foci of bark beetle on the example of spruce stands of the Kleynyansky forestry]. Contemporary problems of timber complex progress and landscape architecture, Proceedings of the international scientific and practical conference. Bryansk, Bryansk State Technological University Of Engineering. Pp. 90–95.
7. Kerchev, I.A., Volkova, E.S., Melnik, M.A. (2021). *Vozmozhnosti GIS dlya izucheniya protsessov rasprostraneniya ussuriyskogo poligrafa v pikhtovykh lesakh Sibiri* [Possibilities of GIS for studying the processes of distribution of the Ussuriysk Polygraph in the fir forests of Siberia]. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. Vol. 26. No. 4. Pp. 44–54. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-4-44-54
8. Kobzar, V.F., Kolesova, N.I., Petrik, A.A. (2023). *Ussuriyskiy poligraf Polygraphus proximus Blandford, 1894 v pikhtarnikakh ekoparka «Ozera na Snezhnoy» (Irkutskaya oblast')* [Polygraphus proximus Blandford, 1894 in the fir forests of the “Lakes on Snezhnaya” Ecopark (Irkutsk Oblast)]. *Fitosanitariya. Karantin rasteniy* [Plant Health and Quarantine]. No. 1(13). Pp. 59–71. doi: <https://doi.org/10.69536/a4850-3897-3753-x>
9. Koval, Yu.N. (2020). *O vliyaniy poligrafa ussuriyskogo na lesopozharnuyu obstanovku* [About the influence of the Ussurian Polygraph on the forest-fire furnace]. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. No. 6 (24). Pp. 34–36.
10. Krivets, S.A. (2012). *Zametki po ekologii ussuriyskogo poligrafa Polygraphus proximus Blandford (Coleoptera, Scolytidae) v Zapadnoy Sibiri* [Notes on the ecology of the fir bark beetle Polygraphus proximus Blandf. (Coleoptera, Scolytidae) in West Siberia]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii*. Iss. 200. Pp. 94–105.
11. Krivets, S.A., Bisirova, E.M., Kerchev, I.A., Pats, E.N., Chernova, N.A. (2014). *Populyatsionnye kharakteristiki i vliyanie ussuriyskogo poligrafa Polygraphus proximus Blandf. na sostoyaniye pikhtovykh lesov Severo-Vostochnogo Altaya* [Population characteristics and impact of Polygraphus proximus Blandf. on the condition of the Siberian fir forests in the North-Eastern Altai]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii*. Iss. 207. Pp. 37–48.
12. Krivets, S.A., Kerchev, I.A., Bisirova, E.M., Volkova, E.S., Astapenko, S.A., Efremenko, A.A., Kosilov, A.Yu., Kudryavtsev, P.P., Kuznetzova, Yu.P., Ponomarev, V.I., Potapkin, A.B., Taraskin, E.G., Titova, V.V., Shilonosov, A.O., Baranchikov, Yu.N. (2024). *Obzor sovremennogo vtorichnogo areala ussuriyskogo poligrafa (Polygraphus Proximus Blandford) na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Overview of the current secondary range of the Four-eyed fir bark beetle (Polygraphus proximus Blandford) in the Russian Federation]. *Rossiyskiy zhurnal biologicheskikh invaziy* [Russian Journal of Biological Invasions]. No. 1. Pp. 49–69. doi: 10.35885/1996-1499-17-1-49-69
13. Maslov, A.D. (2010). *Koroed-tipograf i usykhaniye elovykh lesov* [Eight-dentated bark beetle and spruce forest drying]. Moscow, VNIILM. 138 p.
14. *Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossiyskoy Federatsii i perechnya lesnykh rayonov Rossiyskoy Federatsii* [On approval of the List of forest growth zones of the Russian Federation and the list of forest regions of the Russian Federation]: approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated August 18, 2014 No. 367. available at: <https://www.consultant.ru>
15. *Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya lesopatologicheskikh obsledovaniy i formy akta lesopatologicheskogo obsledovaniya* [On approval of the Procedure for forest pathology research and the form of the forest pathology research act]: approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated November 9, 2020 No. 910. available at: <https://www.consultant.ru>
16. *Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh* [On approval of the Rules for sanitary safety in forests]: approved by Enactment of the Government of the Russian Federation dated December 9, 2020 No. 2047. available at: <https://www.consultant.ru>
17. *Osnovnye polozheniya organizatsii i razvitiya lesnogo hozhaystva Permskoy oblasti* [The main provisions of the organization and development of forestry in the Perm Krai] (2000). Vol. 1. Explanatory note. Perm. 434 p.
18. Chernova, N.A. (2016). *Izmeneniye travyanogo pokrova pikhtovykh lesov v ochagakh razmnozheniya ussuriyskogo poligrafa Polygraphus proximus Blandford (na primere Tomskoy oblasti)* [Changes in the grass cover of fir forests in the pullulation focus of the four-eyed fir bark beetle Polygraphus proximus Blandford (by way of example of the Tomsk Oblast)]. The Kataev Memorial Readings – IX. Dendrobiotic Invertebrates and Fungi and their Role in Forest Ecosystems, Proceedings of the International Conference. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Forest Technical University. P. 127. doi: 10.21266/SPBFTU.2016.9
19. Churakov, B.P., Churakov, D.B. (2018). *Lesovedenie* [Forest science]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State University. 259 p.
20. Cramer, H. (1946). *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton, Princeton University Press. Pp. xvi + 575.
21. Ivanchina, L., Kovalev, V., Makurin, D., Poplyakov, E., Solontsov, O., Korotaeva, N. (2023). The influence of the type of forest and the type of forest growing conditions on the stability of spruce stands in the zone of coniferous-deciduous forests of the Perm Krai. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. No. 15(4). Pp. 92–111. doi: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2023-15-4-92-111>.
22. Kovalev, A., Tarasova, O., Soukhovolsky, V., Ivanova, Y. (2024). Is It Possible to Predict a Forest Insect Outbreak? Backtesting Using Remote Sensing Data. *Forests*. 15. 1458. doi: <https://doi.org/10.3390/f15081458>
23. Krivets, S.A., Bisirova, E.M., Kerchev, I.A., Pats, E.N., Chernova, N.A. (2015). Transformation of taiga ecosystems in the Western Siberian invasion focus of four-eyed fir bark beetle Polygraphus proximus Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *Russian Journal of Biological Invasions*. Vol. 6 (2). Pp. 94–108. doi: 10.1134/S2075111715020058

*Экология и природопользование**Иванчина Л.А., Ротэрмель Э.Е., Большаков Е.Г., Шилоносов А.О.*

Статья поступила в редакцию: 10.02.25, одобрена после рецензирования: 14.04.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 10 February 2025; approved after review: 14 April 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах**Людмила Александровна Иванчина**

кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры биогеоценологии и охраны
природы, заведующая лабораторией устойчивого
лесопользования,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: ivanchina.ludmila@yandex.ru

Эдуард Евгеньевич Ротэрмель

лаборант лаборатории устойчивого лесопользования,
студент географического факультета,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: edvard_rotermel@mail.ru

Евгений Григорьевич Большаков

Директор, Пермский филиал
ФГБУ «Рослесинфорг»;
614990, Россия, г. Пермь, ул. Маршрутная, 14Ж

e-mail: b.e.g@mail.ru

Андрей Олегович Шилоносов

Заместитель директора, Филиал ФБУ «Рослесоза-
щита» – «Центр защиты леса Пермского края»;
614081, Россия, г. Пермь, ул. Крылова, 34

e-mail: nefii@mail.ru

Information about the authors**Ludmila A. Ivanchina**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Profes-
sor, Department of Biogeocenology and Nature Protec-
tion, Head of the Laboratory of Sustainable Forestry,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Ehduard E. Rotehrmel'

Laboratory Assistant,
Laboratory of Sustainable Forestry,
Student, Faculty of Geography,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Evgeny G. Bolshakov

Director, Perm Branch of the Federal State Budgetary
Institution 'Roslesinforg';
14Zh, Marshrutnaya st., Perm, 614990, Russia

Andrej O. Shilonosov

Deputy Director, Perm Krai Forest Protection Center
(Branch of the Federal Budgetary Institution
'Roslesozashchita');
34, Krylova st., Perm, 614081, Russia

Вклад авторов

Иванчина Л.А. – идея статьи, подготовка первого варианта рукописи, вычитка финального варианта статьи.

Ротэрмель Э.Е. – обработка материала, подготовка схемы.

Большаков Е.Г. – обработка материала, вычитка финального варианта статьи.

Шилоносов А.О. – обработка материала, вычитка финального варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ludmila A. Ivanchina – the idea; first version of the manuscript; proofreading of the last version of the manuscript.

Ehduard E. Rotehrmel' – material processing; map preparation.

Evgeny G. Bolshakov – material processing; proofreading of the last version of the manuscript.

Andrej O. Shilonosov – material processing; proofreading.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 504.054

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-141-153

EDN: TVOFCU



НАКОПЛЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВО МХАХ ГОРОДА ПЕРМИ

Евгения Леонидовна Гатина¹, Павел Юрьевич Санников², Валерия Вячеславовна Четыркина³

^{1, 2, 3} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹ suslovael@mail.ru

² sol1430@gmail.com

³ lera.rrr16@gmail.com

Аннотация. В статье проведено сравнение данных о накоплении ряда потенциально токсичных элементов (далее ПТЭ) во мхах и о расположении основных техногенных источников выбросов крупного транспортного узла и индустриального центра – г. Перми. На этапе полевых работ, согласно стандартной методике по отбору мхов Moss survey protocol, в облесенной части города было отобрано 144 образца *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. На основе метода оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой в лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединенного института ядерных исследований в образцах мха определены концентрации 15 ПТЭ: Al, Fe, V, Cr, Cu, Pb, S, Zn, Cd, Co, Sr, Mn, Ba, P, Hg. Пространственный анализ выполнялся средствами ГИС. Медианные значения концентраций Al, Fe, V, накопленные во мхах Перми, наряду с Удмуртией и Южным Уралом, заметно выше, чем тот же показатель среди остальных обследованных территорий. В отношении Mn отмечена противоположная тенденция. Вероятно, это обусловлено выраженным металлургическим, машиностроительным профилем регионов Урала, а также наличием производств, связанных с переработкой металлов. Установлено, что медианные концентрации (мг/кг) накапливаемых ПТЭ снижаются в биогеохимическом ряду абсолютных содержаний: Al (1803,00) > Fe (1685,00) > Mn (350,00) > Ba (72,8) > Zn (60,19) > Sr (32,80) > Cu (10,94) > V (6,20) > Pb (5,69) > Cr (5,27) > Co (1,12) > Cd (0,22) > Hg (0,039). Основными вероятными источниками загрязнения атмосферы г. Перми следует считать нефтеперерабатывающие, химические, металлообрабатывающие, машиностроительные предприятия, а также выбросы автотранспорта и объекты железнодорожной инфраструктуры. Полученные данные представляют собой значимое дополнение качественной и количественной картины аэротехногенного загрязнения Перми, относительно классических сведений, получаемых от стационарных постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в застроенной части города.

Ключевые слова: мхи-биомониторы, загрязнение атмосферы, аэротехногенный перенос, тяжелые металлы, биоиндикация

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-00160, <https://rscf.ru/project/25-27-00160/>.

Для цитирования: Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В. Накопление атмосферных выпадений потенциально токсичных элементов во мхах города Перми // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 141–153. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-141-153. EDN: TVOFCU

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-141-153

EDN: TVOFCU

BIOACCUMULATION OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN MOSSES RESULTING FROM ATMOSPHERIC DEPOSITION (A CASE STUDY OF THE CITY OF PERM)

Evgeniya L. Gatina¹, Pavel Yu. Sannikov², Valeriya V. Chetyrkina³

^{1, 2, 3} Perm State University, Perm, Russia

¹ suslovael@mail.ru

² sol1430@gmail.com

³ lera.rrr16@gmail.com



© 2025 Эта работа Гатиной Е.Л., Санникова П.Ю., Четыркиной В.В. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

Abstract. The paper compares data on the accumulation of a number of potentially toxic elements (hereinafter – PTE) in mosses and on the distribution of the main anthropogenic emission sources in the city of Perm, a large transport hub and industrial center. At the stage of field work, 144 samples of *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. were collected in the afforested part of the city according to the standard methodology *Moss survey protocol*. In the Frank Laboratory of Neutron Physics at the Joint Institute for Nuclear Research, the concentrations of 15 PTEs were determined in moss samples: Al, Fe, V, Cr, Cu, Pb, S, Zn, Cd, Co, Sr, Mn, Ba, P, and Hg. Spatial analyses were performed by GIS tools. Median values of Al, Fe, and V concentrations accumulated in mosses of Perm, along with Udmurtia and the South Urals, are noticeably higher than the same indicators in other surveyed territories. The opposite trend was observed in relation to Mn. This is probably due to the pronounced metallurgical and machine-building profile of the Ural regions as well as the presence of industries related to metal processing. Median concentration s(mg/kg) of accumulated PTEs have been found to decrease in the following series: Al (1803.00) > Fe (1685.00) > Mn (350.00) > Ba (72.8) > Zn (60.19) > Sr (32.80) > Cu (10.94) > V (6.20) > Pb (5.69) > Cr (5.27) > Co (1.12) > Cd (0.22) > Hg (0.039). According to the study results, the main probable sources of air pollution in Perm are oil refineries, chemical, metalworking, and machine-building enterprises as well as motor transport emissions and railway infrastructure facilities. The obtained data significantly add to the qualitative and quantitative picture of aerotechnogenic pollution of Perm relative to the classical data obtained from permanent observation posts monitoring the state of atmospheric air in the built-up part of the city.

Keywords: biomonitor mosses, atmospheric pollution, aerotechnogenic transport, heavy metals, bioindication

Funding. The research is supported by the Russian Science Foundation grant No. 25-27-00160, <https://rscf.ru/project/25-27-00160/>.

For citation: Gatina, E.L., Sannikov, P.Yu., Chetyrkina, V.V. (2025). Bioaccumulation of potentially toxic elements in mosses resulting from atmospheric deposition (a case study of the city of Perm). *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 141–153. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-141-153. EDN: TVOFCU

Введение

Многочисленными исследованиями установлена корреляция между атмосферными выпадениями загрязняющих веществ и их концентрациями во мхах. Начиная с 1980-х гг., в европейских странах, а в настоящее время и в России, проводятся исследования содержания загрязняющих веществ во мхах. В Европе создана Программа оценки воздействия загрязнения воздуха на естественную растительность и сельскохозяйственные культуры (ICP Vegetation) [35]. Особенно важно наблюдение за качеством атмосферного воздуха в городах, где сконцентрирована большая часть населения.

Пермь – город с развитой сетью внутригородских и внешних обходных автомагистралей, и один из крупнейших промышленных центров России. Город расположен в Предуралье. Современная Пермь – один из самых крупных по площади городов России (около 800 км²), в состав которого входят значительные площади лесных территорий. Более 40 % территории города заняты городскими лесами. На начало 2025 г. в Перми организовано 29 особо охраняемых природных территорий на площади чуть более 14 тыс. га, что составляет 17,5 % от общей площади города [13].

В отличие от стационарных постов контроля качества атмосферного воздуха, мхи-биоиндикаторы отражают средневзвешенную концентрацию загрязнений воздуха за трехлетний период – в нашем случае за 2019–2021 гг. Кроме того, специфика наших данных (существенно отличающая их от материалов Росгидромета и муниципальных экологических служб) состоит в том, что они показывают степень загрязнения воздуха в незаселенной части города, приходящейся на городские леса. Всё это обуславливает актуальность исследования.

Исследования содержания потенциально токсичных элементов, в том числе тяжёлых металлов, в различных средах на территории Перми и/или отдельных его районов, природных объектов, проводились ранее [12, 6, 11, 2, 8, 19, 26]. В настоящей работе мы используем данные, полученные при помощи мхов-биоиндикаторов, образцы которых были отобраны в лесах города Перми в 2022–2023 гг., особое внимание уделяя пространственному анализу данных, взаимосвязи накопления ряда потенциально токсичных элементов (далее – ПТЭ) во мхах и географии основных вероятных источников антропогенных выбросов.

Цель работы – географический анализ накопления ПТЭ во мхах на территории города Перми.

Для ее достижения поставлены задачи:

- визуализировать накопление ПТЭ во мхах городских лесов Перми и сопоставить полученные данные с распределением промышленных объектов, железнодорожными и автомагистралями города;
- выявить вероятные источники загрязнения атмосферного воздуха соединениями ПТЭ;
- установить районы города с наибольшим загрязнением атмосферы соединениями ПТЭ в 2019–2022 гг.

Материал и методика

Краткая характеристика района исследования

Территория г. Перми является зоной повышенного потенциала загрязнения атмосферы. Процессы рассеивания примесей в приземном слое атмосферы осложняются инверсиями, застойными явлениями, штилями и другими метеорологическими явлениями [16].

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

Климат изучаемой территории – умеренно-континентальный. Средняя температура июля $+17,9^{\circ}\text{C}$, января $-14,7^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков – 627 мм [20]. Преобладают суглинистые и дерново-подзолистые почвы.

Пермь расположена на границе двух лесорастительных районов: таежной зоны и зоны хвойно-широколиственных лесов. В 2019–2021 гг. (период накопления ПТЭ в отобранных образцах мхов) на территории Перми преобладали ветры юго-западного, южного и восточного направлений (рис. 2, РВ).

В структуре промышленного производства Перми важное место занимают машиностроение, нефтехимия, деревообработка и пищевая промышленность (рис. 1).

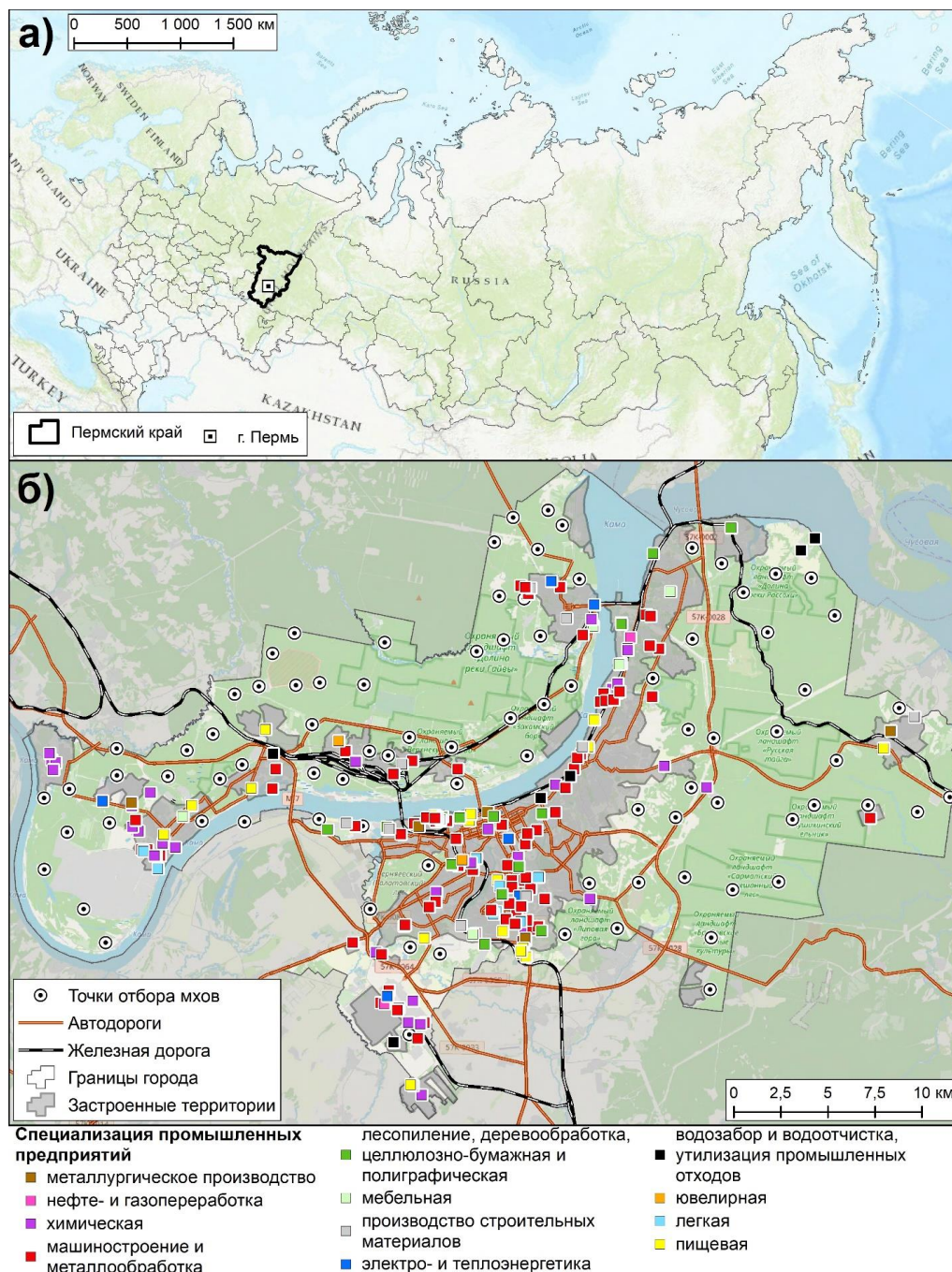


Рис. 1. Район исследования: а) Пермский край среди регионов России; б) основные источники антропогенных выбросов (показаны по [3]) Перми и точки отбора образцов мхов-биомониторов

Fig. 1 Study area: а) Perm region among the regions of Russia; б) main sources of anthropogenic emissions (shown according to [3]) in Perm and sampling points for biomonitor mosses

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

В западной части города сконцентрированы предприятия химической промышленности, на юго-западе сосредоточены предприятия нефтехимической, химической промышленности и теплоэнергетики, в центральной части города находится комплекс предприятий машиностроения и металлообработки, химической и легкой промышленности, в северной правобережной части города сосредоточены предприятия деревообработки и целлюлозно-бумажной специализации, на востоке города расположены предприятия машиностроения и металлообработки, металлургические производства [3].

На территории Перми основными источниками химического загрязнения, формирующими специфику загрязнения атмосферного воздуха населенных мест, являются промышленные предприятия и автотранспорт [15].

В районах Перми оборудовано 7 действующих стационарных постов наблюдений за состоянием атмосферного воздуха. Посты наблюдений подразделяются на «городские фоновые» – в жилых районах (посты №№ 16 (ул. Пушкина, 112); 20 (ул. Крупской, 83)), «промышленные» (посты №№ 12 (ул. Качканарская, 45), 14 (ул. Льва Шатрова, 1), 18 (ул. Победы, 41), 17 (ул. Архитектора Связева, 52)) и «авто» – вблизи автомагистралей с интенсивным движением транспорта (пост № 13 (ул. Уральская, 91)). Наблюдения производятся по 24 загрязняющим веществам: взвешенные вещества (пыль), диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сероводород, фенол, хлорид водорода, фторид водорода, аммиак, формальдегид, бенз(а)пирен, бензол, ксилолы, толуол, этилбензол, тяжелые металлы (хром, свинец, марганец, никель, цинк, медь, железо, кадмий).

За 2022 год на указанных постах отобрано и проанализировано 63 793 пробы атмосферного воздуха. Средние за год концентрации: взвешенные вещества – 0,8 ПДК; диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, аммиак, сероводород – ниже 1 ПДК; оксид углерода – 0,2 ПДК; бенз(а)пирен – 0,3 ПДК; фторид водорода – 1,1 ПДК; хлорид водорода – 1,4 ПДК; формальдегид – 2,7 ПДК; фенол – 0,8 ПДК. Средняя за год концентрация марганца составляет 1,4 ПДК. По остальным исследуемым тяжелым металлам средние за год концентрации не превысили 1 ПДК. Максимальные из среднесуточных концентраций тяжелых металлов: марганец – 1 случай 2,1 ПДК, свинец – 1 случай 2,2 ПДК. По хрому, свинцу, цинку, меди, железу, кадмию, превышений ПДКс.с. не обнаружено [16].

Сбор и первичная обработка проб

Отбор мхов-биомониторов проведен в 2022–2023 гг. в административных границах Перми. Образцы собраны со 144 точек. Часть образцов с близкорасположенных точек отбора в дальнейшем объединялась в сборные пробы. Всего было проанализировано 87 образцов (рис. 1).

Отбор проб листостебельных мхов велся с мая по октябрь в лесах различного типа: зеленомошных, реже черничных, травянистых, произрастающих преимущественно на дерново-подзолистых, реже на песчаных почвах. В качестве модельных мхов приняты плевроциум Шребера (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) и гиелокомиум блестящий (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.). Оба вида рекомендованы для проведения исследований [31] и распространены в городских лесах Перми.

Для определения элементного состава атмосферных выпадений отбирали зеленые и зелено-коричневые сегменты мхов, соответствующие трехлетнему приросту. Отобранные образцы очищали от постороннего мусора и остатков почвы.

Лабораторные анализы содержания ПТЭ во мхах

Определение элементного состава образцов мха проводили в лаборатории нейтронной физики им. И.М. Франка Объединённого института ядерных исследований в г. Дубне.

Для определения ртути образцы измельчались на механической мельнице с агатовыми стаканами, помещались в стеклянные тары и отправлялись сушиться при температуре 105 °С до постоянной массы. Определение ртути проводилось в прямом анализаторе ртути DMA-80 Milestone.

Остальные элементы (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, P, Pb, S, Sr, V, Zn) определяли методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС). На аналитических весах взвешивали 0,5 г мха и помещали в тефлоновый сосуд с 5 мл HNO₃ и 2 мл H₂O₂. Образцы минерализовали в микроволновой системе MARS6 (СЕМ, США). После минерализации растворы фильтровали через фильтровальную бумагу, переносили в калиброванные колбы емкостью 50 мл и доводили объем до метки деионизованной водой. Затем определяли содержание тяжелых металлов с помощью ИСП-ОЭС Plasmaquant PQ 9000 Elite (Analytik Jena, Германия).

Статистическую обработку материалов проводили с применением программ STATISTICA 10.

Фоновую концентрацию определяли путем нахождения среднего от трех минимальных значений с использованием методов описательной статистики.

Контроль качества анализа

Для контроля качества анализа использовали стандарт INCT-PVTL-6 (Polish Virginia Tobacco Leaves (Табачные листья)) [29].

Пространственный анализ полученных данных

Визуальное представление накопления ПТЭ во мхах выполнено при помощи геоинформационных методов (пакет программ ArcGIS). В ходе визуализации генеральная совокупность значений по каждому элементу была разделена на 7 классов (квантилей).

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

Результаты и их обсуждение

В таблице представлены медианные, минимальные и максимальные значения концентраций ПТЭ во мхах Перми, фоновые значения для Перми, а также аналогичные данные по Удмуртии [10], Тверской области [36], Московской области [37], Южному Уралу [14], Ленинградской области [5], Беларуси [1] и Норвегии [21] (табл. 1).

Для Перми медианные концентрации (мг/кг) накапливаемых ПТЭ снижаются в биогеохимическом ряду абсолютных содержаний: Al (1803,00) > Fe (1685,00) > Mn (350,00) > Ba (72,8) > Zn (60,19) > Sr (32,80) > Cu (10,94) > V (6,20) > Pb (5,69) > Cr (5,27) > Co (1,12) > Cd (0,22) > Hg (0,039).

Отдельно отметим, что для четырех элементов (Mn, S, Zn и Pb) максимальное значение в биогеохимическом ряду превышает предыдущее в два и более раз. При этом для Mn, S, Zn такие статистические экстремумы пришлись на одну и ту же точку на западе левобережной части города. В целом, наличие таких «статистических выбросов» (выдающихся на общем фоне значений), с нашей точки зрения, связано либо с неудачным выбором точки отбора образца, либо с ошибкой при проведении лабораторных анализов. Так или иначе, такие значения не входили в систему ранжирования на 7 квантилей и отмечались на картах особым символом.

Накопление ПТЭ во мхах городских лесов Перми показано на рис. 2 (Al, Fe, V, Cr, Cu, Pb, S) и рис. 3 (Zn, Cd, Co, Sr, Mn, Ba, P, Hg).

В литературе нередко отмечается сходство распределений Al, Fe, V, корреляция их концентраций во мхах в отдельных случаях достигает 0,77 [25]. Эти элементы ассоциируются с ветровым переносом почвенной пыли и с загрязнениями от транспорта.

Распределение **Al** по обследованной территории представлено на рис. 2–Al. Наибольшие значения отмечаются в восточной части города и на севере правобережной части, где находятся предприятия машиностроения и металлообработки, металлургические производства. Также повышенные значения отмечены вдоль крупных автомагистралей. Al фиксируется во мхах как индикатор почвенной пыли, переносимой ветром и промышленного загрязнения. Пространственная структура концентраций Al во мхах может свидетельствовать о влиянии переноса частиц почвы ветром [25]. Кроме того, повышенное содержание Al отмечено в точках на севере правобережной части города. Это может быть обусловлено расположением здесь крупного кабельного завода «Камский кабель», который по темпам роста объемов производства и переработке меди и алюминия является лидером среди производителей кабельной продукции России [4].

Повышенные значения **Fe** во мхах (рис. 2–Fe) отмечаются также, как и для Al, в восточной части города и на севере правобережной части, где представлены предприятия машиностроения и металлообработки, металлургические производства. Значения от 1,62 до 2,42 г/кг отмечены вдоль крупнейших авто- и железнодорожных магистралей, проходящих по территории города.

Схожее с Fe и Al распределение **V** (рис. 2–V). Повышенные значения V отмечены в восточной части города и на севере в правобережной части города. Кроме того, на юго-западе города вокруг крупного промышленного узла химических и нефтехимических предприятий также отмечаются высокие концентрации V во мхах. Известно, что нефть является одним из источников выбросов V и S [22]. Ванадий присутствует в топливных маслах всех типов двигателей [33].

Медианные значения концентраций Al, Fe и V, накопленные во мхах Перми, наряду с Удмуртией и Южным Уралом, заметно выше, чем тот же показатель среди остальных обследованных территорий (табл.). Вероятно, это обусловлено выраженным металлургическим, машиностроительным профилем территорий, а также наличием производств, связанных с переработкой металлов. В случае с высокими концентрациями V в Перми дополнительным фактором стало наличие крупного нефтехимического узла на юго-западе города.

Концентрации **Cr** отражают загрязнение от переноса почвенной пыли. Также этот элемент входит в состав тормозных накладок, образуется при сгорании масла [23]. В целом, определение концентраций Cr во мхах связано со значительной неопределенностью. Так, с 1990 г. средняя концентрация Cr во мхах в странах Европейского союза снизилась на 24 %, что намного меньше, чем снижение выбросов Cr предприятиями (на 71 %) [25].

Территориально повышенные значения в Перми отмечены в зоне влияния промышленного узла на юго-западе левобережной части города и на северо-востоке (рис. 2–Cr). Сходные результаты получены при изучении распределения химических элементов в снежном покрове [12], где авторы отмечали аномально высокие значения в снеге по некоторым элементам: Cd, Pb, P, Zn, Ni, Cu, Cr, Co, Ba, Mn и Sr.

Содержание потенциально токсичных элементов (мг/кг) в образцах мха, медиана (минимальное-максимальное значение)
The content of potentially toxic elements (mg/kg) in moss samples, median (spread of min-max values)

Элемент	г. Пермь, n=144 [26]	г. Пермь (фон*)	Удмуртия, 2022, n=26 [10]**	Южный Урал, 2004, n=76 [17]	Тверская область, 2024, n=144 [42]	Московская область, 2022, n=156 [43]	г. Тихвин, 2014, n=36 [5]**	Беларусь, 2021, n=250 [11]	Норвегия, 1995, n=299 [24]
Al	1803 (564-9038)	600,4	2485 (562-8830)	2300 (810-8877)	414 (178,0-898)	853 (108-2990)	871 (288-2630)	740 (102-9200)	460 (100-3050)
Ba	72,8 (19,72-169,10)	22,80	98 (18,7-211)	43 (6-129)	30 (4,3-93)	44,0 (3,1-113,0)	27 (7,27-80)	21 (5,00-94)	25 (53-130)
Cd	0,22 (0,12-0,55)	0,12	-	-	0,21 (0,09-0,98)	0,24 (0,08-0,54)	-	0,33 (0,107-1,09)	0,08 (0,02-1,33)
Co	1,12 (0,34-3,75)	0,41	0,84 (0,273-2,45)	0,57 (0,14-2,75)	0,26 (0,10-0,56)	0,38 (0,11-1,07)	0,31 (0,13-1,29)	0,349 (0,087-7,02)	0,2 (0,06-23)
Cr	5,27 (2,07-15,57)	2,15	11,46 (2,49-35,8)	11 (1,5-194,3)	0,83 (0,45-2,40)	2,63 (1,01-7,5)	79 (2,86-1610)	2,45 (0,181-11,6)	0,7 (0,2-17)
Cu	10,94 (6,58-22,64)	6,95	-	22 (3,4-200)	4,7 (2,6-11,0)	7,61 (3,03-43)	4,30 (1,36-11)	5,47 (2,79-32,8)	4,2 (1,8-370)
Fe	1685,00 (489,90-6088,0)	568,07	1585 (418-5250)	1689 (335-20730)	308 (180-705)	690 (254-2270)	475 (249-1310)	466 (110-2243)	310 (78-8125)
Mn	350,00 (50,99-3137,00)	81,38	363 (179-1260)	285 (59-1402)	417 (46-1137)	449 (0,46-1540)	447 (110-862)	418 (43-1852)	400 (40-1660)
P	2752,00 (1405,0-4042,0)	1738,00	-	-	-	-	-	-	-
Pb	5,69 (2,72-14,7)	2,88	-	-	2,7 (1,5-7,6)	4,82 (1,33-14,0)	-	2,72 (0,916-8,47)	0,05 (0,001-0,4)
S	1601,00 (1009,0-4641,0)	1154,33	-	-	1022 (744-1721)	-	-	-	-
Sr	32,80 (19,42-87,50)	21,35	41,2 (16,1-71,6)	-	15 (5,4-74)	15,3 (4,2-30,5)	11 (1,26-25)	11 (3,68-65)	136 (3,8-60)
V	6,20 (2,12-24,28)	2,18	5,2 (1,5-14)	7,0 (2,0-28,8)	1,0 (0,49-2,5)	1,90 (0,32-5,3)	1,54 (0,81-3,84)	1,35 (0,298-9,57)	1,2 (0,3-14)
Zn	60,19 (34,72-201,80)	36,82	45,5 (21,5-85,3)	58 (15-304)	38,0 (23-88)	57,0 (1,3-145)	39 (24,10-152)	37 (14-157)	31 (8-409)
Hg	0,039 (0,018-0,096)	0,0225	-	-	37,0 (21-68)	-	-	-	0,05 (0,005-0,53)

Примечания:

* – фоновые значения определены путем нахождения среднего от трех минимальных значений в ранжированном ряду.

** – для территории Удмуртии и г. Тихвин Ленинградской области вместо медианного приведены средние значения концентрации.

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

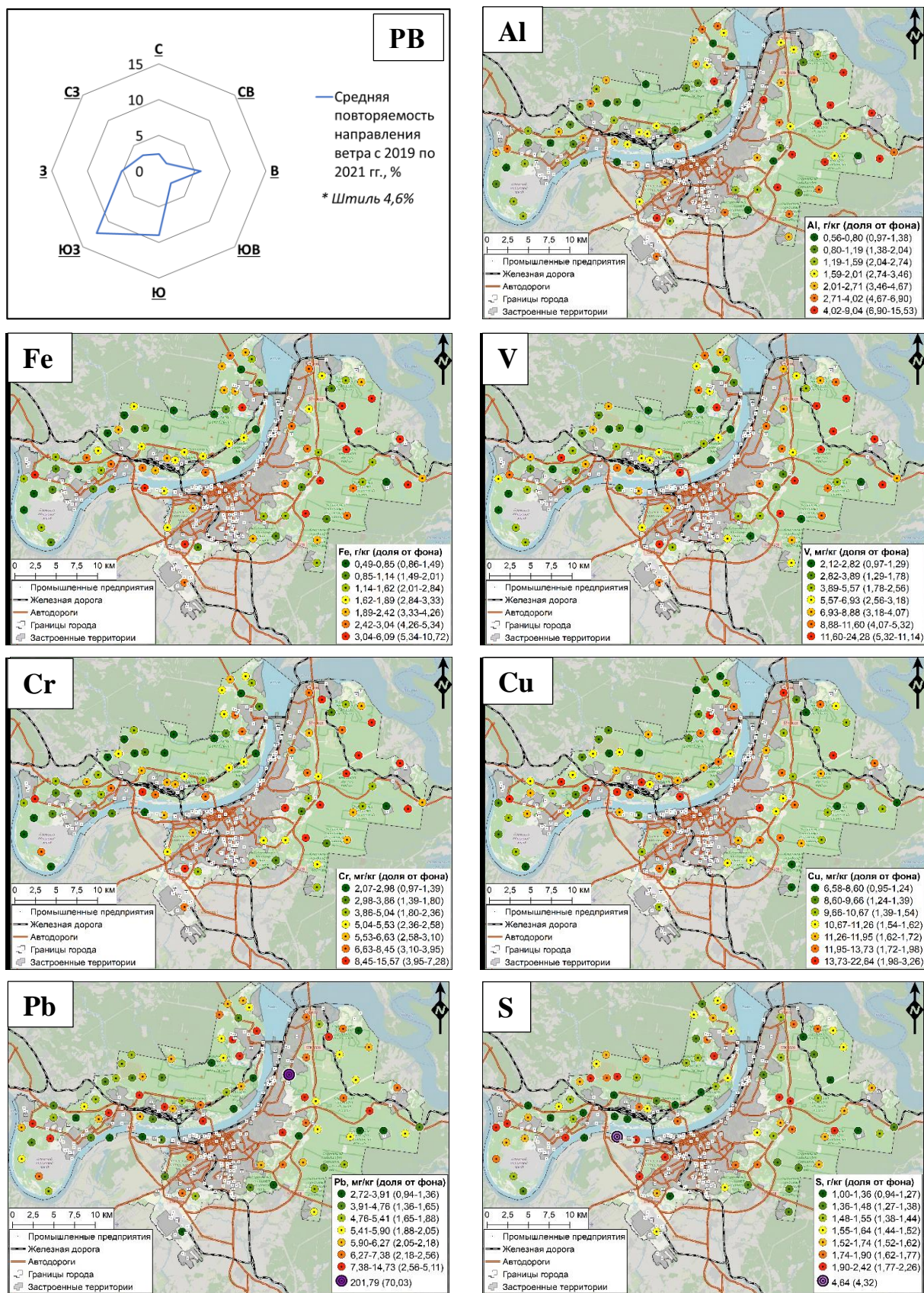


Рис. 2. Накопление ПТЭ во мхах города Перми: РВ – роза ветров города Перми за 2019–2021 гг.;

Al – алюминий, Fe – железо, V – ванадий, Cr – хром, Cu – медь, Pb – свинец, S – сера

Fig. 2. Accumulation of potentially toxic elements in mosses of Perm city: PB - wind rose of Perm in 2019–2021;

Al – aluminum, Fe – iron, V – vanadium, Cr – chromium, Cu – copper, Pb – lead, S – sulfur

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

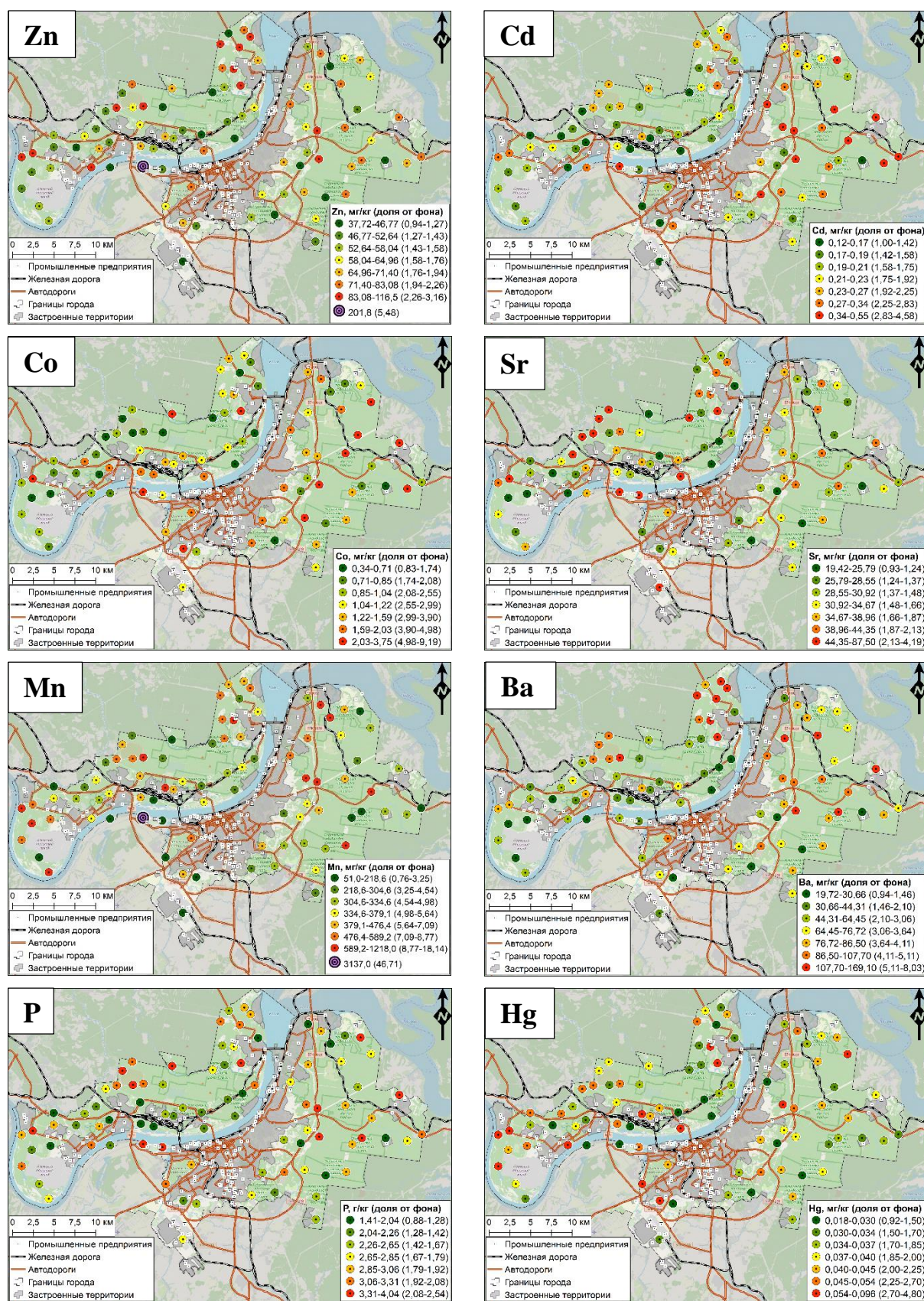


Рис. 3. Накопление ПТЭ во мхах Перми:

Zn – цинк; Cd – кадмий; Co – кобальт; Sr – стронций; Mn – марганец; Ba – барий; P – фосфор; Hg – ртуть

Fig. 3. Accumulation of potentially toxic elements in mosses of Perm city:

Zn – zinc; Cd – cadmium; Co – cobalt; Sr – strontium; Mn – manganese; Ba – barium; P – phosphorus; Hg – mercury

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

Для **Cu** отмечаются повышенные значения на севере города в правобережной части, где находятся предприятия кабельной продукции (рис. 2–Cu). Ряд точек с высоким содержанием Cu отмечен вблизи железных дорог и крупного сортировочного пункта железнодорожного транспорта, а также рядом с автомагистралями. Сжигание топлива и производство цветных металлов являются основными антропогенными источниками выбросов Cu в атмосферу [32]. Максимальные концентрации меди приходятся на центральные части города на обоих берегах Камы вдоль крупных автомагистралей.

При распределении **Pb** во мхах по территории города максимальные концентрации зафиксированы в центральной части на обоих берегах реки Камы (рис. 2–Pb). Отдельные точки с высокими содержаниями отмечены в западной и восточной окраинах города. Основными антропогенными источниками Pb в окружающей среде считаются: сжигание неэтилированного бензина, сжигание угля, металлургическая деятельность и сжигание отходов [24]. Использование неэтилированного бензина и значительный вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха города, скорее всего, определяют повышенные концентрации соединений Pb в центральной части Перми.

Отдельно следует отметить, что среднее содержание Pb во мхах Перми заметно выше аналогичного уровня по всем остальным сравниваемым территориям (табл.).

Крайне высокое значение, выявленное в образце вблизи микрорайонов Вышка-2 и Кислотные дачи.

Соединения **S** во мхах распределены по территории города неравномерно (рис. 2–S). Повышенные концентрации соединений S во мхах зафиксированы на западе правобережной части города, где сосредоточены предприятия химической промышленности. Известно, что S – один из основных компонентов, используемых для производства черного пороха [34]. Переработка нефти также является одним из источников выбросов S в атмосферу, что подтверждается повышенными значениями в юго-западной части левобережья Перми, где находятся предприятия нефте- и газопереработки.

При распределении **Zn** по территории города высокие значения зафиксированы во мхах, отобранных в северной и западной части правобережья, а также вдоль крупных автомагистралей (рис. 3–Zn). Соединения Zn в основном используются для гальванизации (50 %), производства автомобильных шин (20 %), литья под давлением (17 %), производства латуни (17 %), а также для изготовления плитки, керамики и стекла [27].

Медианные значения концентрации Zn во мхах Перми (60,2 мг/кг) сопоставимы с Южным Уралом (58 мг/кг), Московской областью (57 мг/кг) и гораздо выше, чем в других обследованных районах (табл.).

Высокое содержание соединений **Cd** во мхах почти полностью отмечается в восточной части города (рис. 3–Cd). Возможно, такое распределение обусловлено влиянием автодорог, а также деятельностью предприятий машиностроения и металлообработки.

Большая часть загрязнения Cd окружающей среды вызвана промышленными и автотранспортными выбросами, захоронением и сжиганием загрязненных кадмием отходов, использованием минеральных удобрений [18].

При распределении **Co** по территории города высокие значения зафиксированы во мхах, отобранных в северной части правобережья, вдоль крупных автомагистралей и на северо-западе левобережной части (рис. 3–Co). При этом медианное значение содержания Co во мхах по Перми (1,12 мг/кг) выше всех сравниваемых территорий (табл.).

Для Удмуртии, Тверской области установлено, что Co отражает поступление элементов как в процессе выветривания поверхностного слоя земной коры и отработанных горных пород, так и в результате промышленной переработки топлива [10, 36]. Для Албании Co отнесен к элементам геогенного и антропогенного происхождения, которые являются производными местной промышленности по производству железа, никелевых и феррохромовых заводов, расположенных в пределах района исследования [28].

Максимальные концентрации **Sr** отмечены на промышленных территориях в северной, северо-западной и на западе правобережной части города (рис. 3–Sr). Источником Sr могут быть фосфорные удобрения; металлургия легирующих сталей, производство пиротехники [9].

При распределении **Mn** по территории города высокие значения зафиксированы во мхах, отобранных в северной части правобережья, вдоль крупных автомагистралей и на западе правобережной части города (рис. 3–Mn). Известно, что в непосредственной близости от локального источника загрязнения (медно-никелевый комбинат) на стадии техногенного редколесья концентрации Ca, K, P, Mg, Mn существенно ниже фоновых показателей [17]. В этом смысле обращают на себя внимание низкие значения Mn в точках поблизости от крупного сортировочного железнодорожного узла Перми, где, как показано выше, отмечались (рис. 2–Cu) высокие значения накопления Cu.

По медианному значению Mn во мхах лесов Перми (350 мг/кг) (вместе с Удмуртией (363 мг/кг) и Южным Уралом (285 мг/кг)) отличается наиболее низкими концентрациями среди обследованных территорий (табл.).

При распределении **Ba** по территории города высокие значения зафиксированы во мхах, отобранных в северной части правобережья (рис. 3–Ba). Ba относится к подвижным ионам, играющим важную роль в биохимических процессах, наличие этого и других элементов во мхах обусловлено как гомеостазом, так и аккумуляцией атмосферных осадков [1]. Примечательно, что территориально выпадения Ba сконцентрированы в восточной и северо-восточной частях города, где находятся предприятия химии, производства кабельной продукции, машиностроения и металлообработки.

Распределение концентрации **P** во мхах схожи с таковыми по Ba. Повышенные значения зафиксированы во мхах, отобранных в северной части правобережья города (рис. 3–P).

Как отмечалось выше, близость техногенного источника выбросов Cu и Ni может приводить к снижению концентрации P [17]. В этом отношении минимальное содержание P может быть связано с близостью к крупному сортировочному железнодорожному узлу, где отмечались (рис. 2–Cu) высокие значения накопления Cu.

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

Распределение выпадений **Hg** по территории города демонстрирует участки локального загрязнения (рис. 3–Hg) в северной и северо-западной частях правобережной части, где расположены предприятия химической промышленности. Также ряд точек с высокими концентрациями Hg выявлен вблизи Осенцовского промышленного узла, сортировочного железнодорожного узла и в районе Камской долины.

К основным антропогенным источникам Hg можно отнести: нефтепереработку и использование нефтепродуктов, производство золота, производства цемента и извести, использование и последующую утилизацию ртутьсодержащих приборов и изделий электроники и электротехники, использование пестицидов [7]. Так, для Косово отмечено повышенное содержание Hg во мхах на пробных площадках, расположенных вблизи нефтеперерабатывающего завода в Митовице, а также угольных электростанций [30].

Заключение

Проведенные исследования демонстрируют высокую информативность метода мхов-биомониторов для исследования многоэлементного состава атмосферных выпадений на территории Перми.

При визуализации накопления ПТЭ во мхах городских лесов Перми и сопоставлении полученных данных с распределением промышленных объектов, авто- и железнодорожных магистралей города наблюдаются следующие особенности. В восточной части города во мхах установлены высокие концентрации Al, Fe, V, Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Sr, что обусловлено влиянием автодорог, а также деятельностью предприятий машиностроения и металлообработки. На севере правобережной части города, где расположены предприятия машиностроения и металлообработки, производства кабельной продукции, зафиксировано повышенное содержание во мхах Al, Cu, Fe, V, Pb, Co, Sr, Mn, Ba, P, Hg. На западе правобережной части города сосредоточены предприятия химической промышленности, что, по-видимому, обуславливает высокие уровни накопления во мхах S, Mn, Hg. На юго-западе левобережной части города выявлено повышенное содержание во мхах V, Cr, Pb, Zn, S, Hg. Вероятно, это связано с наличием здесь предприятий химической и нефтехимической промышленности. Вдоль авто- и железнодорожных магистралей, проходящих по территории города, зафиксированы высокие значения во мхах Al, Fe, Cu, Co, Pb. А вблизи крупного сортировочного пункта железнодорожного транспорта во мхах зафиксированы высокие концентрации Cu и низкие Mn, а также минимальное содержание P.

Медианные значения концентраций Al, Fe и V, накопленные во мхах Перми, наряду с Удмуртией и Южным Уралом, заметно выше, чем тот же показатель среди остальных обследованных территорий. Вероятно, это обусловлено выраженным металлургическим, машиностроительным профилем территории, а также наличием производств, связанных с переработкой металлов. В случае с высокими концентрациями V в Перми дополнительным фактором стало наличие крупного нефтехимического узла на юго-западе города.

Анализы, проведенные в отобранных образцах мха, свидетельствуют о состоянии атмосферы лишь за трехлетний период (2019–2021 гг.). Поэтому в будущем, имея целью формирование более длинного и репрезентативного ряда данных динамики потенциально токсичных элементов, целесообразно продолжить исследования накопления атмосферных выпадений во мхах-биомониторах на территории Перми.

Полученные данные позволяют оценить экологическую ситуацию на территории Перми и могут служить ценной дополнительной (к режимным наблюдениям на стационарных постах гидрометеорологической службы) информацией для планирования мероприятий по охране окружающей среды и оптимизации системы наблюдений за качеством атмосферного воздуха в городе.

Библиографический список

1. Алексеев Ю.В. Бриондикация атмосферных выпадений металлов и металлоидов в Республике Беларусь: диссертация на соискание степени канд. геогр. наук. Калининград, 2022. 194 с. EDN: WKFYVS
2. Андреев Д.Н. Экогеохимическая диагностика антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Пермь, 2012. 164 с. EDN: SUOQUB
3. Атлас города Перми / под ред. А.А. Зайцева, С.В. Пьянкова, Е.С. Перминовой. Пермь: ПГНИУ, 2024. 108 с.
4. Вдовина Е.Ю. Особенности качества производства кабельно-проводниковой продукции ООО «Камский кабель», г. Пермь // Проблемы и перспективы развития АПК региона: материалы Межвузовской студенческой научно-практической конференции, Пермь, 25–29 ноября 2024 года. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2025. С. 54–58. EDN: WFJGYW
5. Вергель К.Н., Горяйнова З.И., Вихрова И.В., Фронтасьева М.В. Метод мхов-биомониторов и ГИС-технологии в оценке воздушных загрязнений промышленными предприятиями Тихвинского района Ленинградской области // Экологическая экспертиза, оценка и прогноз. 2014. № 2. С. 92–101. EDN: SLTXEJ
6. Ворончихина Е.А., Запоров А.Ю. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове г. Перми // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2000. С. 132–134.
7. Горбунов А.В., Ляпунов С.М., Ермолаев Б.В. Распределение ртути в природных и урбанизированных средах Карелии // Экология человека. 2019. № 4. С. 10–17. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-4-10-17 EDN: ZDDDQL
8. Дзюба Е.А. Природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края // Географический вестник=Geographical Bulletin, 2024. № 3 (70). С. 139–151. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151 EDN: ISYVFO
9. Ермаков В.В. Стронций в биосфере. Новосибирск: ООО «Академиздат», 2023. 168 с.
10. Журавлева А.Н., Бухарина И.Л., Свиозлик В., Фронтасьева М.В., Загребин Е.А. Мониторинг следовых элементов на территории Удмуртской Республики методом нейтронного активационного анализа // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26, № 3. С. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-54-61 EDN: AREZZH
11. Ибламинов Р.Г. Тяжелые металлы в донных отложениях рек г. Перми // Экологическая безопасность зон градопромышленных агломераций Западного Урала: тез. докл. регион. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1993. С. 27–28.
12. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 4. С. 39–46. EDN: OABIUR

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

13. Особо охраняемые природные территории города Перми / под общ. ред. Д.Н. Андреева. Пермь: МКУ «Городское зеленое строительство», 2024. 200 с.
14. Смирнов Л.И., Фронтасьева М.В., Стейннес Э., Ляпунов С.М., Черчинцев В.Д., Романов С.А., Самосадный В.Т. Многомерный статистический анализ концентраций тяжелых металлов и радионуклидов во мхах и почве Южного Урала // Атомная энергия. 2004. Т. 97, Вып. 1. С. 68–74. EDN: PDHPNV
15. Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2021–2022 годах. Управление по экологии и природопользованию Администрации г. Перми. 2022. 141 с.
16. Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2023 году. Управление по экологии и природопользованию Администрации г. Перми. 2023. 100 с.
17. Сухарева Т.А. Элементный состав зеленых мхов фоновых и техногенно-нарушенных территорий // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 3 (172). С. 89–96. DOI: 10.15393/uchz.art.2018.130 EDN: YUDFWO
18. Фазлыева А.С., Даукаев Р.А., Каримов Д.О. Влияние кадмия на здоровье населения и способы профилактики его токсических эффектов // Медицина труда и экология человека. 2022. № 1 (29). С. 220–235. DOI: 10.24411/2411-3794-2022-10115 EDN: GLPABT
19. Хайрулина Е.А., Тимофеев И.В., Кошелева Н.Е. Потенциально токсичные элементы в почвах Индустриального района г. Перми // Географический вестник. 2019. № 2 (49). С. 80–100. DOI: 10.17072/2079-7877-2019-80-100 EDN: DINUMA
20. Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Климатические ресурсы Уральского Прикамья // Географический вестник. 2006. № 2 (4). С. 97–110. EDN: NCSGNH
21. Berg T., Røyset O., Steinnes E., Vadset M., Atmospheric trace element deposition: Principal component analysis of ICP-MS data from moss samples // Environmental Pollution. 1995. Vol. 88. P. 67–77. EDN: APHCTB
22. Celis-Hernandez O., Giron-Garcia M.P., Ontiveros-Cuadras J.F., Canales-Delgadillo J.C., Pérez-Ceballos R.Y., Ward R.D., Acevedo-Gonzales O., Armstrong-Altrin J.S., Merino-Ibarra M. Environmental Risk of Trace Elements in Mangrove Ecosystems: An Assessment of Natural vs Oil and Urban Inputs // The Science of the total environment. 2020. Vol. 730, Article number 138643. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138643 EDN: RGRBKI
23. Charron A., Polo-Rehn L., Besombes J.L., Golly B., Buisson C., Chanut H., Marchand N., Guillaud G., Jaffrezo J.-L. Identification and quantification of particulate tracers of exhaust and non-exhaust vehicle emissions // Atmospheric Chemistry and Physics. 2019. No. 19 (7). P. 5187–5207. DOI: 10.5194/acp-19-5187-2019
24. Chen L.C., Maciejczyk P., Thurston G.D. Metals and air pollution // In Handbook on the Toxicology of Metals: Volume I: General Considerations. Academic Press. 2021. P. 137–182. DOI: 10.1016/B978-0-12-823292-7.00004-8 EDN: XZNOJK
25. Frontasyeva M., Harmens H., Uzhinskiy A., Chaligava O. and participants of the moss survey. Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. Report of the ICP Vegetation Moss Survey Coordination Centre, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation. 2020. 136 p.
26. Gatina E., Zinicovskaia I., Yushin N., Chaligava O., Frontasyeva M., Sharipova A. Assessment of the Atmospheric Deposition of Potentially Toxic Elements Using Moss *Pleurozium schreberi* in an Urban Area: The Perm (Perm Region, Russia) Case Study // Plants. 2024. Vol. 13, Article number 2353. DOI: 10.3390/plants13172353 EDN: HSPBB
27. Jones F., Bankiewicz D., Hupa M. Occurrence and sources of zinc in fuels // Fuel. 2014. Vol. 117, Part A. P. 763–775 DOI: 10.1016/j.fuel.2013.10.005 EDN: SPGSNT
28. Kane S.S., Bekteshi L., Allajbeu S., Lazo P. Moss biomonitoring of air quality linked with trace metals pollution around a metallurgical complex in Elbasan, Albania // Atmosphere Health. 2024. Vol. 17. P. 2045–2055. DOI: 10.1007/s11869-024-01562-x EDN: HOQESB
29. Labmix24: Polish Virginia Tobacco Leaves. URL: <https://labmix24.com/en/products/IC-INCT-PVTL-6> (дата обращения: 05.03.2024)
30. Maxhuni A., Lazo P., Kane S., Qarri F., Marku E., Harmens H. First survey of atmospheric heavy metal deposition in Kosovo using moss biomonitoring // Environmental Science and Pollution Research. 2015. P. 744–755.
31. Moss survey protocol. URL: https://icpvegetation.ceh.ac.uk/get-involved/manuals/moss-survey_ (дата обращения: 07.11.2024)
32. Rehman M., Liu L., Wang Q., Saleem M.H., Bashir S., Ullah S., Peng D. Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review // Environmental Science and Pollution Research. Springer Verlag. 2019. DOI: 10.1007/s11356-019-05073-6 EDN: XIWUQM
33. Shafer M.M., Toner B.M., Overdier J.T., Schauer J.J., Fakra S.C., Hu S., Herner J.D., Ayala A. Chemical speciation of vanadium in particulate matter emitted from diesel vehicles and urban atmospheric aerosols // Environmental Science and Technology. 2012. No. 46 (1). P. 189–195. DOI: 10.1021/es200463c
34. Sun Y., Han Z., Du Z., Li Z., Cong X. Preparation and performance of environmental friendly Sulphur-Free propellant for fireworks // Applied Thermal Engineering. 2017. 126. P. 987–996. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2017.08.003
35. United Nations Economic Commission for Europe International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. URL: <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/> (дата обращения: 20.02.2025)
36. Vergel K., Zinicovskaia I., Yushin N., Chaligava O., Cepoi L., Kravtsova A. Moss Biomonitoring in the Evaluation of Air Pollution in the Tver Region, Russia // Atmosphere. 2024. Vol. 15, Article number 1191. DOI: 10.3390/atmos15101191 EDN: MBRZDN
37. Vergel K., Zinicovskaia I., Yushin N., Chaligava O., Nekhoroshkov P., Grozdov D. Moss Biomonitoring of Atmospheric Pollution with Trace Elements in the Moscow Region, Russia // Toxics. 2022. Vol. 10, Article number 66. DOI: 10.3390/toxics10020066 EDN: AIJLKK

References

1. Alekseenok Yu.V. Briodication of atmospheric deposition of metals and metalloids in the Republic of Belarus. Dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences, Kaliningrad, 2022. 194 p.
2. Andreev D.N. Ecogeochemical diagnostics of anthropogenic transformation of specially protected natural territories. Dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences, Perm, 2012. 164 p.
3. Atlas goroda Permi [Atlas of the city of Perm.] / pod red. A.A. Zaitseva, S.V. P'yankova, E.S. Perminovoi. Perm': PGNIU, 2024. 108 p.

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

4. Vdovina E.Yu. Osobennosti kachestva proizvodstva kabel'noprovodnikovoi produktsii OOO «Kamskii kabel'», g. Perm' [Peculiarities of quality of cable-conductor products production of LLC Kamsky Cable, Perm] // Problems and prospects of development of agroindustrial complex of the region: Materials of the Interuniversity Student Scientific and Practical Conference, Perm, November 25–29, 2024. Perm: IPC Prokrost, 2025. Pp. 54–58.
5. Vergel' K.N., Goryainova Z.I., Vikhrova I.V., Frontas'eva M.V. Metod mkhov-biomonitorov i GIS-tehnologii v otsenke vozdukhnykh zagryaznenii promyshlennymi predpriyatiyami Tikhvinskogo raiona Leningradskoi oblasti [Moss-biomonitor method and GIS-technologies in assessment of air pollution by industrial enterprises of Tikhvin District of Leningrad Region] // Environmental expertise, assessment and forecasting, 2014, No2. Pp. 92–101.
6. Voronchikhina E.A., Zaporov A.YU. Tyazhelye metally v pochvenno-rastitel'nom pokrove g. Permi [Heavy metals in the soil and vegetation cover of Perm] // Issues of physical geography and geoecology of the Urals / Perm. un-t, Perm'. 2000. Pp. 132–134.
7. Gorbunov A.V., Lyapunov S.M., Ermolaev B.V. Raspreделение rtuti v prirodnykh i urbanizirovannykh sredakh Karelii [Distribution of mercury in natural and urbanized environments of Karelia] // Human Ecology. 2019. No 4. Pp. 10–17.
8. Dziuba, E.A. (2024). Natural-technogenic geochemical zoning of the Perm Territory. Geographical Bulletin. No. 3(70). Pp.139–151. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151
9. Ermakov V.V. Strontsii v biosphere [Strontium in the biosphere]. Novosibirsk: OOO «AkademizdaT», 2023. 168 s.
10. Zhuravleva A.N., Bukharina I.L., Svozilik V., Frontasyeva M.V., Zagrebina E.A. Monitoring sledovykh elementov na territorii Udmurtskoy Respubliki metodom neytronnoho aktivatsionnogo analiza [Trace elements monitoring in Udmurt Republic by neutron activation analysis]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2022, Vol. 26, No. 3, Pp. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-54-61
11. Iblaminov R.G. Tyazhelye metally v donnykh otlozheniyakh rek g. Permi [Heavy metals in river bottom sediments of Perm] // Environmental safety of urban-industrial agglomeration zones in the Western Urals: tez. dokl. region. konf. / Perm. un-t, Perm'. 1993. Pp. 27–28.
12. Kopylov I.S. Ecological and Geochemical Regularities and Anomalies on Microelements in Soils and Snow Cover of the Priurals and the City of Perm // Bulletin of Perm University. Geology. 2012. No4. Pp. 39–46.
13. Osobo okhranyaemye prirodnye territorii goroda Permi [Specially Protected Natural Territories of the City of Perm] / edited by D.N. Andreev. Perm: MKU “Urban Green Building”, 2024. 200 p.
14. Smirnov L.I., Frontas'eva M.V., Steinnes E., Lyapunov S.M., Cherkintsev V.D., Romanov S.A., Samosadny V.T. Mnogomernyi statisticheskii analiz kontsentratsii tyazhelykh metallov i radionuklidov vo mkhakh i pochve Yuzhnogo Urala [Multivariate statistical analysis of heavy metal and radionuclide concentrations in mosses and soil of the Southern Urals] // Atomnaya ehnergiya, 2004, T. 97, Vol. 1. Pp. 68–74.
15. Sostoyanie i okhrana okruzhayushchei sredy g. Permi v 2021–2022 godakh [State and protection of the environment of Perm in 2021–2022]. Upravlenie po ehkologii i prirodoopol'zovaniyu Administratsii g. Permi, 2022. 141 p.
16. Sostoyanie i okhrana okruzhayushchei sredy g. Permi v 2023 godu [State and protection of the environment of Perm in 2023]. Upravlenie po ehkologii i prirodoopol'zovaniyu Administratsii g. Permi, 2023. 100 s.
17. Sukhareva T. A. Ehlementnyi sostav zelenykh mkhov fonovykh i tekhnogenno-narushennykh territorii [The green moss elemental composition of the background and industrially disturbed areas] // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta, 2018. № 3 (172). Pp. 89–96.
18. Fazlyyeva A.S., Daukaev R.A., Karimov D.O. Vliyanie kadmiya na zdorov'e naseleniya i sposoby profilaktiki ego toksicheskikh ehffektov [Influence of cadmium on public health and ways to prevent its toxic effects] // Labor Medicine and Human Ecology. 2022. No 1(29). Pp. 220–235. DOI: 10.24411/2411-3794-2022-10115.
19. Khayrulina, E.A., Mitrakova, N.V., Novoselova, L.V., Poroshina, N.V. Soil and vegetation transformation under the influence of the pouring out ancient brine wells in Perm krai. Geographical Bulletin. No.4(59). Pp. 113–129. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-113-129.
20. Shklyayev V.A., Shklyayeva L.S. Klimaticheskie resursy Ural'skogo Prikam'ya [Climatic resources of the Ural Kama region] // Geographical Bulletin. 2006. № 2(4). C. 97–110.
21. Berg T., Røyset O., Steinnes E., Vadset M., Atmospheric trace element deposition: Principal component analysis of ICP-MS data from moss samples // Environmental Pollution, 1995, Vol. 88, P. 67–77.
22. Celis-Hernandez O., Giron-Garcia M.P., Ontiveros-Cuadras J.F., Canales-Delgadillo J.C., Pérez-Ceballos R.Y., Ward R.D., Acevedo-Gonzales O., Armstrong-Altrin J.S., Merino-Ibarra M. Environmental Risk of Trace Elements in Mangrove Ecosystems: An Assessment of Natural vs Oil and Urban Inputs // The Science of the total environment, 2020, Vol. 730, Article number 138643. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138643
23. Charron A., Polo-Rehn L., Besombes J.L., Golly B., Buisson C., Chanut H., Marchand N., Guillaud G., Jaffrezo J.-L. Identification and quantification of particulate tracers of exhaust and non-exhaust vehicle emissions // Atmospheric Chemistry and Physics, 2019, 19(7), P. 5187–5207. https://doi.org/10.5194/acp-19-5187-2019
24. Chen L.C., Maciejczyk P., Thurston G.D. Metals and air pollution // In Handbook on the Toxicology of Metals: Volume I: General Considerations. Academic Press, 2021. P. 137–182. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823292-7.00004-8
25. Frontasyeva M., Harmens H., Uzhinskiy A., Chaligava, O. and participants of the moss survey. Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. Report of the ICP Vegetation Moss Survey Coordination Centre, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation, 2020. 136 p.
26. Gatina E., Zinikovskaia I., Yushin N., Chaligava O., Frontasyeva M., Sharipova A. Assessment of the Atmospheric Deposition of Potentially Toxic Elements Using Moss *Pleurozium schreberi* in an Urban Area: The Perm (Perm Region, Russia) Case Study // Plants, 2024, Vol. 13, Article number 2353. https://doi.org/10.3390/plants13172353
27. Jones F., Bankiewicz D., Hupa M. Occurrence and sources of zinc in fuels // Fuel, 2014. Vol. 117, Part A, P. 763–775 https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.005
28. Kane S.S., Bekteshi L., Allajbeu S., Lazo P. Moss biomonitoring of air quality linked with trace metals pollution around a metallurgical complex in Elbasan, Albania // Atmosphere Health. 2024. Vol. 17. P. 2045–2055. https://doi.org/10.1007/s11869-024-01562-x

Экология и природопользование
Гатина Е.Л., Санников П.Ю., Четыркина В.В.

29. Labmix24: Polish Virginia Tobacco Leaves [Электронный ресурс] <https://labmix24.com/en/products/IC-INCT-PVTL-6> (дата обращения: 05.03.2024)
30. Maxhuni A., Lazo P., Kane S., Qarri F., Marku E., Harmens H. First survey of atmospheric heavy metal deposition in Kosovo using moss biomonitoring // Environmental Science and Pollution Research. 2015. P. 744–755.
31. Moss survey protocol [Электронный ресурс] <https://icpvegetation.ceh.ac.uk/get-involved/manuals/moss-survey> (дата обращения: 07.11.2024).
32. Rehman M., Liu L., Wang Q., Saleem M.H., Bashir S., Ullah S., Peng D. Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review // Environmental Science and Pollution Research. Springer Verlag. 2019. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05073-6>
33. Shafer, M.M., Toner, B.M., Overdier, J.T., Schauer, J.J., Fakra, S.C., Hu, S., Herner J.D., Ayala A. Chemical speciation of vanadium in particulate matter emitted from diesel vehicles and urban atmospheric aerosols // Environmental Science and Technology, 2012, 46(1), P. 189–195. <https://doi.org/10.1021/es200463c>
34. Sun Y., Han Z., Du Z., Li Z., Cong X. Preparation and performance of environmental friendly Sulphur-Free propellant for fireworks // Applied Thermal Engineering. 2017, 126, P. 987–996. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.08.003>
35. United Nations Economic Commission for Europe International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops [Электронный ресурс] <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/> (дата обращения: 20.02.2025).
36. Vergel K., Zinicovscaia I., Yushin N., Chaligava O., Cepoi L., Kravtsova A. Moss Biomonitoring in the Evaluation of Air Pollution in the Tver Region, Russia // Atmosphere 2024, Vol. 15, Article number 1191. DOI: 10.3390/atmos15101191
37. Vergel K., Zinicovscaia I., Yushin N., Chaligava O., Nekhoroshkov P., Grozdov D. Moss Biomonitoring of Atmospheric Pollution with Trace Elements in the Moscow Region, Russia // Toxics 2022, Vol. 10, Article number 66. DOI: 10.3390/toxics10020066

Статья поступила в редакцию: 02.02.25, одобрена после рецензирования: 05.05.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 2 February 2025; approved after review: 5 May 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Евгения Леонидовна Гатина

кандидат биологических наук, доцент
кафедры биогеоценологии и охраны природы,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Evgeniya L. Gatina

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Biogeocenology
and Nature Conservation,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: suslovael@mail.ru

Павел Юрьевич Санников

кандидат географических наук, доцент кафедры
биогеоценологии и охраны природы, заведующий
лабораторией эколого-геоинформационных систем,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Pavel Yu. Sannikov

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Department of Biogeocenology
and Nature Protection, Head of the Laboratory of Eco-
logical and Geoinformation Systems,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: sol1430@gmail.com

Валерия Вячеславовна Четыркина

студент географического факультета,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Valeriya V. Chetyrkina

Student, Faculty of Geography,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: lera.rrr16@gmail.com

Вклад авторов

Гатина Е.Л. – идея статьи, организация полевых работ, постановка задач исследования, подготовка текста статьи, вычитка статьи.

Санников П.Ю. – подготовка текста статьи и рисунков, вычитка статьи.

Четыркина В.В. – подготовка рисунков, вычитка статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Evgeniya L. Gatina – the idea of the article; arrangement of field work; setting of the research objectives; writing and proofreading of the article.

Pavel Yu. Sannikov – writing of the article; preparation of the figures; proofreading.

Valeriya V. Chetyrkina – preparation of the figures; proofreading.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 599.745.1(265.2) (265.5)

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-154-163

EDN: UFIGJG



**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА С СИВУЧАМИ (*EUMETOPIAS JUBATUS*)
В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ Г. ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО И Г. НЕВЕЛЬСКА**

Егор Сергеевич Васюков

Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Дальневосточное отделение Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

egor.vasyukov@list.ru, SPIN-код: 7943-1700, РИНЦ Author ID: 1209666

Аннотация. В данной статье рассматриваются предпосылки возникновения конфликта между человеческой деятельностью и сивучами (*Eumetopias jubatus*). С 1980-х гг., учитывая массовое сокращение численности в большей части ареала, встал вопрос об определении причин кризиса. Большинство исследований указывают на комплексность причин, куда входят конкуренция за рыбные ресурсы с коммерческим рыболовством, беспокойство, связанное с возрастающим туристическим трафиком, отстрел и травмирование сивучей. Описана глобальная проблема запутывания сивучей в плавающем мусоре. Рассмотрены меры правового регулирования по охране и использованию сивучей в России, США и Японии, где данный вид встречается. Приведены результаты исследования поведенческих адаптаций сивучей к антропогенной среде в двух крупнейших сезонных лежбищах Дальнего Востока – портовых зонах городов Петропавловска-Камчатского и Невельска за 2020–2024 гг. Основные причины взаимодействия в Петропавловске-Камчатском – поиск подкормки. Выделены четыре стратегии поведения: ожидание, попрошайничество, воровство и сохранившаяся натуральная охота. Постоянное и сильное беспокойство со стороны человека на данных лежбищах имеет сильное значение для формирования адаптаций к обитанию в урбанизированной среде. Сивучи освоили нетипичный портовый ландшафт для отдыха и нишу потребления продукции переработки рыбной промышленности и передают свои навыки посредством обучения. При правильной организации охраны, ограничении рыболовства в 30-мильной зоне лежбищ, сокращении загрязнений в океане возможен выход сивучей из демографического кризиса.

Ключевые слова: взаимодействие, беспокойство, адаптация, сивуч

Благодарности: Автор выражает благодарность Кирилловой А.Д., Любаченко С.В., Бурканову В.Н. за содействие в организации исследований в г. Невельске и г. Петропавловске-Камчатском. Результаты исследований, представленные в настоящей публикации, получены в рамках государственного задания Минобрнауки России (FZSS-2025-0006), реализуемой ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга».

Для цитирования: Васюков Е.С. Взаимодействия человека с сивучами (*Eumetopias jubatus*) в городской среде г. Петропавловска-Камчатского и г. Невельска // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 154–163. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-154-163. EDN: UFIGJG

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-154-163

EDN: UFIGJG

**HUMAN INTERACTIONS WITH STELLER SEA LIONS (*EUMETOPIAS JUBATUS*)
IN THE URBAN ENVIRONMENT OF PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY AND NEVELSK**

Egor S. Vasyukov

Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

egor.vasyukov@list.ru, SPIN-code: 7943-1700, RSCI Author ID: 1209666

Abstract. This article examines the prerequisites for the conflict between human activity and Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). Since the 1980s, with a massive decline in numbers of this species over most of its range, there has been a question of the causes of the crisis. Most studies point to the complex nature of the causes, which include competition with commercial fishing for fish resources, disturbance associated with increasing tourist traffic, culling, and injuries caused to the animals. The paper describes the global problem of Steller sea lions suffering from entanglement in floating



© 2025 Эта работа Васюкова Е.С. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

debris. The measures of legal regulation governing the protection and use of Steller sea lions in Russia, the USA, and Japan, where this species occurs, are studied. The results of a 2020–2024 study into the behavioral adaptations of Steller sea lions to the anthropogenic environment in the two largest seasonal rookeries of the Far East – the port zones of the cities of Petropavlovsk-Kamchatsky and Nevelsk – are presented. The main reason for the animals' interaction with people is the search for food, during which the mammals demonstrate four behavioral strategies: waiting, begging, theft, and natural hunting. Constant and strong human disturbance in the rookeries largely influences the formation of adaptations to living in an urbanized environment. Sea lions have adapted to the atypical port landscape as a place for rest and to products from the fishing industry as their food, and they transfer the skills through training. With proper organization of protection, restrictions on fishing in the 30-mile rookery zone, and reduction of ocean pollution, it is possible for the Steller sea lion to overcome the demographic crisis.

Keywords: interaction, disturbance, adaptation, Steller sea lions

Acknowledgement: The author expresses his gratitude to A.D. Kirillova, S.V. Lyubachenko, V.N. Burkanov for their assistance in organizing research in Nevelsk and Petropavlovsk-Kamchatsky. The research results presented in this publication were obtained within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (FZSS-2025-0006), implemented by the «Vitus Bering Kamchatka State University».

For citation: Vasyukov, E.S. (2025). Human interactions with Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in the urban environment of Petropavlovsk-Kamchatsky and Nevelsk. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 154–163. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-154-163. EDN: UFIGJG

Введение

Северный морской лев Стеллера, или сивуч, относится к семейству ушастых тюленей и является самым крупным его представителем. Распространены сивучи в северной части Тихого океана от побережья Калифорнии до Японского моря. Поголовье сивучей разделено на три популяции: Западную, включающую все лежбища к западу от 144 в.д. и все Алеутские острова, Восточную – от 144 в.д., от юго-восточной Аляски до Калифорнии [8], Азиатскую, которую выделили как отдельную популяцию, включающую в себя лежбища Восточной Камчатки, Курильских островов, Охотского моря и Сахалина. Командорские острова были отнесены к Западной популяции. В период 1980–2000-х гг. произошло резкое сокращение численности сивуча в большей части ареала обитания [10]. В 1994 г. сивуч был включён Министерством природных ресурсов Российской Федерации в Красную книгу в статусе вида под угрозой исчезновения и в список Международного союза охраны природы [3]. Основная теория о причинах сокращения численности сивуча заключается в действии комплекса биотических и антропогенных факторов [16], в том числе конкуренции сивучей с промышленным рыболовством за общие промысловые виды, такие как минтай (*Theragra chalcogramma*), треска (*Gadus macrocephalus*), кальмар (*Squid sp.*), сельдь (*Clupea pallasii*) и северный одноперый терпуг (*Pleurogrammus monopterygius*) [9], обитающие в важной для питания сивучей 30-мильной шельфовой зоне. Сивуч – оппортунистический высший хищник, индикатор состояния окружающей среды. Адаптация этого вида к городским средам – ни что иное, как вынужденное приспособление для выживания с нарушением биологического цикла и потерей страха перед человеком, что создает угрозу для обоих видов. Этот феномен необходимо комплексно исследовать ввиду его уникальности и далеко идущих последствий для выживания сивуча в условиях возрастающей антропогенной нагрузки.

Целью данной работы является рассмотрение взаимодействия и адаптации сивуча к антропогенной среде на примере двух крупнейших сезонных лежбищ Дальнего Востока в портах городов Невельска и Петропавловска-Камчатского. Для этого необходимо установить места, причины и характер взаимодействий вида на данных лежбищах, оценить влияние антропогенного воздействия на благополучие данных группировок сивуча.

Материалы и методы

Для рассмотрения мировой практики взаимодействий мы использовали научную отечественную и зарубежную литературу. В черте г. Петропавловска-Камчатского исследования были ежегодными с сентября по май в период с 2020–2023 гг. Осмотр лежбищ проводился 1–2 раза в неделю с 9:00 по 15:00 и включал в себя три участка: Морской порт, мыс Чавыча, пирс Рыбоконсервного завода «Моховой» (РКЗ). Всего было выполнено 95 полных обследований трёх основных выбранных участков. В г. Невельске работы проводились с 31.03.2024 по 25.04.2024 ежедневно в период с 9:00 по 19:00. Всего осуществлен 21 день наблюдений на двух участках: Южном волноломе торгового порта, акватории вокруг волнолома в пределах 500 м. На обоих лежбищах использовался визуальный метод наблюдений при помощи бинокля Nikon с увеличением 10x42 и фотоаппаратом Canon 7D с объективом 100–400 мм. Расстояние до зверей варьировалось от 5 до 400 м.

В рамках данных работ регистрировались взаимодействия сивучей с хозяйственной и туристической деятельностью человека, случаи беспокойства, поведенческие адаптации сивучей к антропогенной среде. Фиксировались и анализировались травмы и погибшие животные. Классификация половозрастных категорий указана ниже (табл. 1).

Для регистрации взаимодействий мы использовали одинаковые формы заполнения для всех лежбищ. При регистрации беспокойств и взаимодействий с человеком указывались следующие показатели: категория взаимодействующих сивучей; причина взаимодействия (сдача улова, подход туристов и т.д.); характер взаимодействия

(беспокойство, питание, адаптация и др.); расстояние; действие человека; реакция сивучей; поведение после взаимодействия.

Для определения травмированных и запутанных сивучей мы записывали следующие данные: приметы (для повторной идентификации ранее встреченных); происхождение и вид травмы; область травмы; состояние животного; особенности поведения. При травмировании запутыванием (ошейники) указывались дополнительные параметры материала и раны: материал ошейника; состояние раны; степень повреждения.

Таблица 1

Table 1

Классификация половозрастных категорий сивуча
Classification of the sex and age categories of the Steller sea lion

Категория	Название	Описание
OM	Секач	Взрослый самец от 8 лет, вне репродуктивного сезона
Sa	Полусекач	Взрослый самец, не достигший физической зрелости 4–7 лет
J	Молодой	Молодое животное 1–3 лет, пол визуально определить сложно
F	Самка	Половозрелая самка от 4 лет
P	Щенок	Рожденный детёныш этого года (сеголеток)
U	Неизвестный	Категория достоверно не определена

Результаты исследования

Первые сивучи появились в порту Петропавловска-Камчатского ориентировочно в 1970-х гг. Это преимущественно одиночные секачи, сопровождающие суда, идущие на сдачу рыбы в порт. В 1991 г. образовалось первое лежбище на причале РКЗ в бухте Моховая [7]. В настоящее время на лежбище присутствуют все половозрастные категории с преобладанием взрослых самцов. Численность сивучей в среднем 70–80 особей с максимальным значением в 198 голов на 2022 г. [4]. Мы проанализировали 60 вариаций взаимодействия сивучей с человеком. Выборка наблюдений за поведением сивучей при поиске питания производилась случайно и не привязывалась к наличию или отсутствию корма. Нами были выделены основополагающие причины взаимодействия:

1) Поиск пищи (подкормки). В отличие от естественной среды, где единственной стратегией является охота, в городской среде сивучи используют четыре стратегии поведения: пассивное, или ожидание (53,3 %), попрошайничество (35,0 %), воровство (8,3 %), самостоятельная охота (3,3%).



Рис. 1. Ожидание сивучами подкормки
вблизи причала морского порта, фото автора
Fig.1. Steller sea lions waiting for feeding
near the seaport pier, photo by the author

Пассивное поведение, или ожидание (рис. 1), является способом получения пищи, при котором звери не контактируют с человеком. Чаще всего это поедание рыбных отходов, сбрасываемых рыбообрабатывающими предприятиями. При этом ожидание является и промежуточным этапом, после которого при неполучении корма сивучи переходят к другим стратегиям.

Попрошайничество (рис. 2) наблюдается при сдаче улова, преследовании судов или в местах скопления людей, которые подкармливают диких зверей. Сивучи выходят на контакт с человеком с целью получения пищи. При этом страх к человеку присутствует и заставляет зверей выпрашивать, но не выходить на конфликт с человеком.

Характерными чертами данной стратегии поведения являются сопровождение людей или судов на близком расстоянии, наблюдение за действиями человека. Закреплен рефлекс преследования брошенных человеком предметов в воду.

Воровство (рис. 3) – это самый радикальный способ получения подкормки, при котором сивучи, взаимодействуя с человеком, насильно присваивают себе корм. Чаще всего это воровство из каплёров (устройств для выгрузки рыбы с судна) или баков с отходами. При этом звери могут проявлять агрессию по отношению к человеку для получения питания и защиты полученной пищи.

Охота. Отмечено два случая самостоятельной охоты сивучей в Авачинской бухте. Возможно, это происходит и чаще, но вне зон наблюдения. В одном случае добычей стал северный одноперый терпуг, в другом – вид определить не удалось.

2) Беспокойство. Напрямую человек причинял беспокойство тюленям 31 раз, при этом в 17 случаях (54,8 %) беспокойство происходило неумышленно, например при заходе судов в порт и плановых строительных работах. В 7 случаях (22,5 %) деятельность была умышленной и направленной на причинение вреда животным, несмотря на видимые последствия – бегство, панику или агрессию животных. В 7 случаях (22,5 %) причина не определена. Всего 13 случаев (41,9 %) привели к значимому беспокойству, при котором звери в панике покидали лежища.

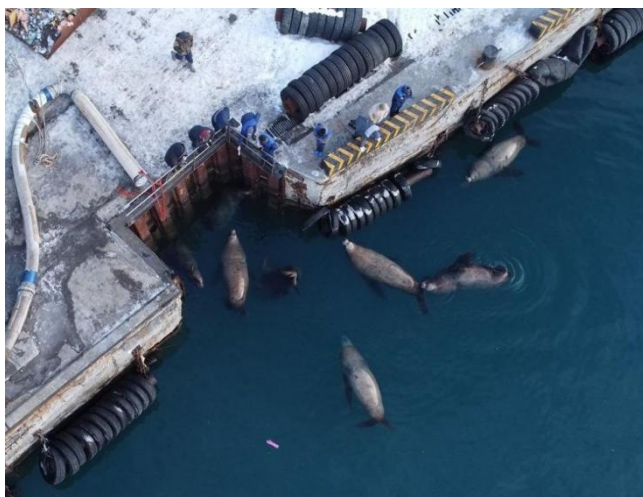


Рис. 2. Группа сивучей выпрашивает рыбу у людей на пирсе в бухте Моховая, фото автора
Fig. 2. A group of Steller sea lions begging for fish from people on the pier in Mokhovaya Bay, photo by the author



Рис. 3. Группа сивучей ворует минтай из сети при сдаче рыболовного судна в морском порту, фото автора
Fig. 3. A group of Steller sea lions stealing pollock from a net from a fishing vessel at a seaport, photo by the author

3) Любопытство. В ряде случаев мы не смогли объяснить поведение сивучей поиском пищи или беспокойством. Однако такой тип поведения способствует приобретению полезных адаптаций для освоения новой среды. Первыми на причалы выходят взрослые особи, для которых стресс нивелируется любопытством, более молодые особи подражают и повторяют действия, что закрепляет определённые умения. Это важный поведенческий аспект в приобретении адаптаций в процессе обучения.

В г. Невельске, в отличие от порта Петропавловска-Камчатского, сивучи не ищут подкормки, а используют волнолом как стоянку для отдыха на пути миграций за рыбой. При этом численность сивучей в период исследования предварительно оценивалась в количестве свыше 2000 особей. Массовый подход сивучей в марте-апреле совпадает с периодом нереста сельди и мойвы (*Mallotus villosus*). Основная причина взаимодействия – беспокойство от туристической деятельности. Весной, с открытием навигации, к волнолому начинаются морские экскурсии. С суши подход доступен круглый год. За 21 день наблюдений мы выявили 80 случаев беспокойства: в 53 случаях со стороны воды, с туристических катеров и проходящих судов; 18 случаев – с суши от подхода людей к волнолому и от работы автотранспорта; в 9 случаях это полёты БПЛА и вертолета (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Частота случаев беспокойства сивучей с разных направлений
The frequency of cases of Steller sea lion disturbance from different directions

Расстояние	Слабое	Среднее	Сильное	нет беспокойства
С воды				
0–50	17	9	7	8
50–200	2	1	0	1
200–500	1	0	0	7
С суши				
0–50	0	0	0	1
50–200	0	0	2	2
200–500	0	1	3	2
С воздуха				
0–50	5	1	0	2
50–200	0	0	0	0
200–500	0	0	0	1

Экология и природопользование

Васюков Е.С.

Сход единичных зверей мы считали за сильное беспокойство, поскольку их сход может повлечь панику всего лежбища. Это опасно и для беременных самок. Первые роды у сивуча обычно наблюдаются уже в середине мая, но сильный стресс может быть причиной для преждевременных родов. О подобных абортациях неоднократно сообщал член Русского географического общества Сергей Любаченко, который наблюдает за сивучами на волноломе круглогодично. Во время наших наблюдений мы обнаружили двух абортированных щенков 20 апреля. Водный транспорт вне зависимости от размера и скорости не вызывал значимого беспокойства на расстоянии до 200 м, поскольку сивучи привыкли к постоянному транзиту судов в порт на большом расстоянии. Беспокойство происходило при приближении туристических катеров ближе 50 м. Из 41 подобного случая 16 (38,9 %) вызвали сход и панику. Во всех случаях даже при беспокойстве животных экскурсии продолжались. С суши беспокоили зверей реже – всего 18 раз, при этом все 6 случаев паники (33,3 %) происходили на дистанции более 200 м. На БПЛА сивучи обратили внимание один раз (12,5 %). На полет вертолета реакции не последовало. На воде сивучи, наоборот, проявляли интерес к проходящим судам и катерам, а также к людям на берегу.

Помимо поведенческих адаптаций, мы оценили травмированность сивучей от взаимодействия с человеком. В г. Петропавловске-Камчатском всего за 2020–2023 гг. зарегистрировано 58 травм. Все травмирования считались уникальными и не привязывались к конкретному животному. Природными оказались травмы в 45 случаях, 3 травмы не были определены по происхождению, в 10 случаях это травмы от запутывания. Во всех случаях травм от запутывания они локализовались в разных участках шейного отдела. Стоит отметить, что в Авачинской бухте наблюдаются преимущественно взрослые самцы [4], которые меньше всего подвержены запутыванию. В 4 случаях это взрослые самцы около 10 лет, у которых ошейник врос под кожу и не причинял беспокойства. В двух случаях травмированы были самцы 7–8 лет с сильно выросшими ошейниками и подавленным состоянием, чья двигательная активность затруднена. Ещё 4 случаях травмы наблюдались у самцов 4–6 лет, при этом травмы от запутывания получены недавно и не успели нанести значительных повреждений. Удалось достоверно определить материал 2 ошейников – это упаковочная пластиковая лента и рыболовная сеть. Травмы у молодых особей и самок не встречались.

В г. Невельске зарегистрировано 135 случаев травмирования. Из них 129 (95,5 %) получены по вине человека (табл. 3), 5 (3,7 %) случаев природных травм и одна не определена (0,7 %).

Таблица 3

Table 3

Зарегистрированные травмы сивуча от антропогенной деятельности в г. Невельск
Registered injuries of Steller sea lion caused by anthropogenic activity in the town of Nevelsk

Категория		F		Sa		J		U	
		Число особей	Число в %	Число особей	Число в %	Число особей	Число в %	Число особей	Число в %
Травма	ошейник	39	92,8	43	97,7	37	97,3	5	100,0
	рваные колотые раны	1	2,3	0	0	1	2,6	0	0
	след от ошейника	2	4,7	1	2,2	0	0	0	0
Область	шея	39	92,8	43	97,7	35	92,1	5	100,0
	морда	2	4,7	1	2,2	1	2,6	0	0
	брюхо	1	2,3	0	0	2	5,2	0	0
Материал/ причина травмы	верёвка	2	4,7	5	11,3	1	2,6	0	0
	леска	0	0	1	2,2	2	5,2	0	0
	пластиковая лента	5	11,9	13	29,5	8	21,0	0	0
	неизвестно	34	80,9	25	56,8	25	65,7	5	100,0
	арматура	1	2,3	0	0	2	5,2	0	0
Степень поражения*	сильная	23	53,4	22	50,0	12	31,5	3	60,0
	средняя	0	0	8	18,1	4	10,5	0	0
	слабая	3	6,9	3	6,8	2	5,2	0	0
	нет	7	16,2	6	13,6	5	13,1	1	20,0
	неизвестно	10	23,2	5	11,3	15	39,4	1	20,0
Состояние животного	норма	19	44,1	19	43,1	11	28,9	0	0
	подавлен	8	18,6	11	25,0	7	18,4	2	40,0
	возбуждение/агрессия	6	13,9	5	11,3	4	10,5	0	0
	неизвестно	10	23,2	9	20,4	16	42,1	3	60,0

*Примечание. Слабая степень поражения – натертость шкуры и шерсти, незначительный разрез кожного покрова; средняя – значительный разрез кожного покрова, видна рыхлая соединительная и жировая ткань; сильная – значительный разрез кожного покрова и жировой ткани, повреждение мышечной, обильное выделение гноя и крови; неизвестно – не удалось рассмотреть рану.

*Note. A weak degree of lesion is chafing of the skin and wool, a slight incision of the skin; medium – a significant incision of the skin, loose connective and adipose tissue is visible; strong – a significant incision of the skin and adipose tissue, muscle damage, abundant discharge of pus and blood; unknown – it was not possible to examine the wound.

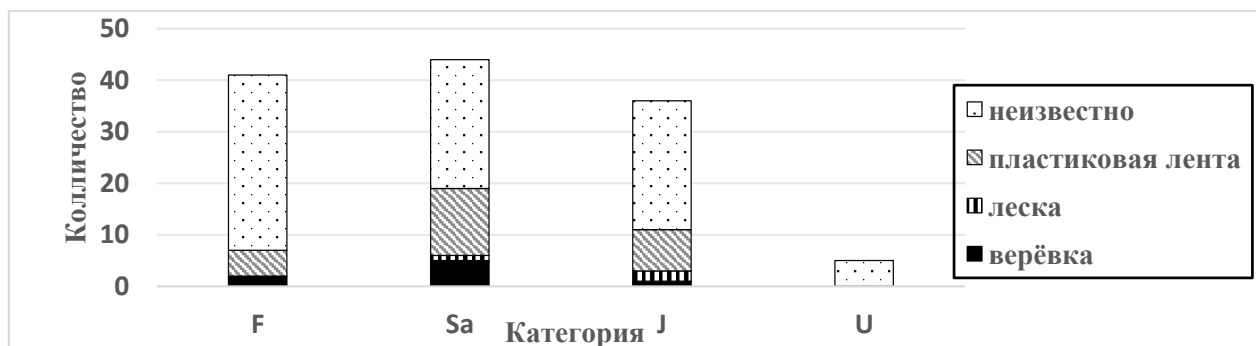


Рис. 4. График распределения материалов запутывания у сивучей на волноломе г. Невельска в апреле 2024 г.
Fig. 4. The distribution of materials in which Steller sea lions become entangled at the Nevelsk breakwater in April 2024

Преобладали травмированные самки в возрасте 4+ лет – 42 раза (32,5 %), самцы-полусекачи в возрасте 4–6 лет – 44 раза (34,1 %) и молодые звери до 1–3 лет – 38 раз (29,4 %). В 5 случаях (3,8 %) пол не определен. Не было отмечено ни одного травмированного секача или щенка. В подавляющем большинстве причиной травм были ошейники (91,8 %) в области шеи и головы. Больше половины с серьезными поражениями тканей. У 34 % наблюдается подавленное состояние, при котором сивучи испытывают сильную боль и их двигательные способности ограничены. У 13 %, наоборот, наблюдались повышенное возбуждение и агрессия. Из 124 ошейников материал определен только у 38 из-за глубоких ран: пластиковые ленты – 26 случаев (20,9 %), веревки – 8 случаев (6,4 %), лески 3 случаев (2,4 %) (рис. 4). Доля самостоятельно освободившихся животных крайне мала – 3 случая (2 %).

Причиной двух травм являлась железная арматура, обнажённая из плит в процессе разрушения волнолома. 12 марта обнаружен молодой зверь 1–2 лет, повисший на арматуре. С подобной травмой брюшины мы позже отметили еще одну самку.

Обсуждение

Наличие лежбища сивучей вблизи населённых пунктов порождает повышенный интерес у местного населения, из-за чего организуется большое число коммерческих туристических морских маршрутов. Самые известные – мыс Кекурный на Восточном побережье Камчатки, скалы Пять Пальцев в заливе Петра Великого в Приморском крае и волнолом г. Невельска на западном берегу острова Сахалин. Все эти лежбища не репродуктивные, однако имеют важное значение в нагульный период жизни сивучей и для отдыха во время миграций. Организаторы морских прогулок систематически нарушают правила наблюдения за морскими животными, что вызывает панику и гибель молодых зверей. На репродуктивных лежбищах нарушается структура гаремов, учащаются внутривидовые конфликты и прерываются связи между самками и щенками. Все это сильно сказывается на выживаемости приплода.

В черте населённых пунктов Дальнего Востока России со второй половины прошлого столетия сивучи встречаются в г. Петропавловске-Камчатском, г. Невельске, п. Южно-Курильском, п. Крабозаводском, г. Северо-Курильске. Основным фактором, обуславливающим пребывание сивучей, становится наличие рыбообрабатывающей промышленности, удобных для отдыха искусственных ландшафтов в виде причалов. В п. Южно-Курильском, п. Крабозаводском, г. Северо-Курильске сивучи адаптировались к подкормке, регулярно появляются и держатся в осенне-зимний период на территории портов и рыбных предприятий, используют антропогенный ландшафт для отдыха [1, 5]. Описываемое поведение сивучей соответствует нашим исследованиям в Петропавловске-Камчатском. Можно предположить, что развитие адаптаций к антропогенной среде у сивучей в данных районах происходит по одному сценарию, поскольку портовые зоны находятся на путях миграций животных и имеют сходные условия для питания и отдыха.

Адаптации сивуча к антропогенному ландшафту наблюдаются не только в России. На побережье США и Канады в результате перераспределения по побережью Калифорнии в 1970-х гг. северные морские львы стали чаще наблюдаться в непосредственной близости от населённых пунктов. Самыми известными являются залив Хуан-де-Фука, канал Пьюджет-Саунд, Худ внутренних вод штата Вашингтон, где круглый год встречается до 700 особей сивуча, залегающих на буях, лодочных причалах и лодках. В Порт-Гарднере, находящемся в северной части Пьюджет-Саунда, отмечаются единичные выходы сивучей на городской пляж [15]. Общепринятое мнение, что сивучи обитают в Сиэтле, не находит подтверждения. Скорее всего, речь идет о калифорнийских морских львах (*Zalophus californianus*), облюбовавших городской волнолом и лодочные причалы, которых по ошибке принимают за сивучей. В Японии на побережья о. Хоккайдо сивучи встречаются зимой вблизи города Отару (43°14'31" N, 141°0'30" E) в заливе Исикари – в среднем около сотни особей. Сивучей привлекает сюда обилие сельди. При этом они конкурируют с местными рыбаками, которые используют нарезное оружие для их отпугивания и отстрела. Заслышав звуки моторной лодки, сивучи заранее покидают скалы и отходят на 20 км от Отару к бетонному волнолому, а возвращаются после ухода рыбаков. Несмотря на колоссальный стресс, сивучи адаптировались и продолжают использовать залив Исикари для питания [12]. Характерно, что сивучи, несмотря на

сильное беспокойство, предпочитают возвращаться на места с благоприятными кормовыми условиями. Это подтверждается нашими исследованиями. Несмотря на систематическое беспокойство как в Невельске, так и Петропавловске-Камчатском, приводящее к сходу зверей, сивучи возвращаются на места залегания.

Большую часть жизни сивуч проводит в воде, добывая пищу и мигрируя к местам размножения или зимовки. Калкинс и Гудвин в 1988 г. выдвинули теорию, что сокращение численности может быть вызвано пищевым стрессом вследствие усиленного вылова основных кормовых видов рыб, таких как минтай, тихоокеанская треска и др., промышленным рыболовством [11]. В действительности было доказано, что массовый вылов биоресурсов, используемых сивучем в пищу, может быть опасен для последних в случае промысла в 20-милльной зоне вокруг лежбищ, вызывая локальное истощение биомассы и изменение видового состава, когда обилие нескольких калорийных видов сменяется разнообразием с меньшим индексом энергетического потребления. Ключевой является именно энергетическая ценность, и сивучи питающиеся, например, преимущественно сельдью и лососёвыми, тратят меньше времени и энергии на поиск пищи, что положительно сказывается на их выживании, чем если бы им пришлось добывать различные виды на тех или иных глубинах. Было также проведено исследование на взаимосвязь между длительными выловами (девятилетний период) трех основных донных видов (минтай, треска, терпуг) для Западной популяции сивуча и доказано, что сокращение числа доступной биомассы этих видов не влияет на численность сивуча [14] в летний период, поскольку сивуч в это время использует другие виды для пропитания. Вероятно, в прошлом вылов донных видов мог способствовать сокращению численности сивуча, но действовал в комплексе с другими факторами, такими как летальное изъятие.

Летальное изъятие включает в себя браконьерство, добычу для нужд коренных народов, гибель в орудиях лова и др. По статистике NAOO [20], среднее изъятие на нужды аборигенов в США составляет 194,2 особей в год (по данным 1998–2008 гг.). Большее беспокойство может вызывать отстрел сивучей, промышленно воровством рыбы. До принятия закона о защите морских млекопитающих в 1972 г. в США и Канаде был разрешен отстрел морских млекопитающих, мешающих рыболовству во время промысла. По скромным оценкам Трайтс и Ларкина [27], за 1985 г. было застрелено свыше 1180 сивучей на промысле. И это только известные случаи. В настоящее время в работе Аманды Варлик [28] по выброшенным на берег мертвым тюленям была оценена смертность от взаимодействия с человеком. Превалировали огнестрельные ранения (74 %), запутывания (15 %) и столкновения с судами (2 %). Большинство отстрелянных сивучей были взрослыми самцами, попавшими в рыболовные снасти [13, 28]; среди найденных мертвыми на берегу превалировали звери со следами огнестрельных ранений. Показательный пример грамотного изъятия – усыпление и перемещение сивучей при поедании радужной форели и чавычи на плотине Бонневиль р. Колумбия [26].

Принятие закона и включение сивуча в список видов, находящихся под угрозой исчезновения, а также активная Государственная и общественная политика США и Канады привели к тому, что стрельба по сивучам существенно сократилась и в настоящий момент не несет угрозы для популяций. В Японии, в префектурах Хоккайдо и Аомори на севере, прямой и косвенный ущерб, нанесенный сивучами рыбной отрасли, оценивается в миллиарды йен. Из-за значительного экономического ущерба вначале ежегодно, а с 2007 г. на пять лет назначается лимит на изъятие. В настоящее время ежегодно изымается более 500 особей для снижения численности на 40 % до оптимальной [19]. В России не разрешено добывать сивучей для поддержания традиций коренных народов, но ежегодно происходит прилов во время рыболовства. По некоторым оценкам, на каждый промысловый рейс может приходиться до 20 сивучей в прилове, часть из которых гибнет. Но полных данных нет из-за крайне малого количества научных наблюдателей на таких судах [2].

Помимо отстрела и гибели в орудиях лова, серьёзным воздействием человеческой деятельности на морских млекопитающих является запутывание в бытовом и рыболовном мусоре, свободно плавающем в водах мирового океана. Благодаря приметности таких травм их легко отличить от других причин смертности. Однако погибшие от запутывания сивучи не всегда могут быть обнаружены. Доказано, что запутывание влияет на увеличение энергетических затрат при добывании пищи и затрудняет отдых [21], а также наносит внешние и внутренние травмы, приводящие к гибели от ран и заражения [22]. В период 1986–2009 гг. в США проводились исследования, посвященные травмам, полученным от запутывания. На побережье штата Орегон на холостяковых лежбищах Каскад-Хед и Пещеры морских львов при разбросе в наполнении лежбищ от 33–1240 особей степень запутанности составила 0,34 % от среднего числа животных за сезон (402 особи). В материалах запутывания преобладали (88 %) резиновые и пластиковые упаковочные ленты, используемые в крабовых ловушках и упаковках рыбы на судах, изредка встречались приманки-блесны на лососей. Почти всегда это были молодые звери и самки [24]. На 78 лежбищах Юго-Восточной Аляски и Северной Британской Колумбии отмечались случаи запутывания у взрослых секачей, чего не было в Орегоне. Также появились лески, веревки и увеличилось число травм от рыболовных сетей. При этом более чем у 70 % определить материал не удалось из-за глубоких ран. В результате отслеживания меченых запутанных зверей за 2000–2009 гг. получены данные о гибели одной особи (7 %), пропаже с вероятной гибелью 4 особей (28,5 %), 5 особей (36 %) продолжительное время находились в состоянии запутывания и 4 (28,5 %) смогли самостоятельно освободиться или проглотили крючки, что вызывает еще большие опасения. В 2002 г. частоту запутывания оценили в 0,26 % от общей численности в 27 950 голов [23]. Оценка запутывания занижена по причине охвата не всех лежбищ и непериодичности исследований, неочевидности скрытых травм, таких как проглатывание крючков [25]. На Алеутских островах главным источником травм является ярусный лов в основном молодого поголовья [17]. Можно заключить, что материал запутывания зависит от используемых

орудий лова в каждой местности. В наших исследованиях в Петропавловске-Камчатском и Невельске материал запутываний частично пересекается с данными из работ коллег. Среди определенных материалов преобладают пластиковые ленты, присутствуют лески с веревками. Однако резиновые ленты и блесны-приманки на лососей отсутствуют. Частота запутывания и регистрация гибели от запутываний в наших водах практически не изучены. В наших исследованиях в Петропавловске-Камчатском частота запутывания не дает представлений о ситуации в группировке в целом, поскольку большинство сивучей здесь является взрослыми самцами. В Невельске для определения частоты запутываний необходимо проводить аэрофотоучет численности с одновременным поиском травмированных, так как иные методы наблюдений в данной местности мало информативны. При получении таких данных мы сможем в дальнейшем оценить частоту запутывания и сравнить с данными коллег.

При таком высоком уровне негативных факторов, влияющих на численность сивуча, необходимы меры государственного контроля, которые значительно отличаются в разных странах. В России охраной водных биологических ресурсов вне Федеральных ООПТ, согласно постановлению правительства от 30.10.2021 № 1874 п.5.5.2 (посл. Ред.) РФ, занимается Росприроднадзор. Поскольку сивуч имеет статус вида, находящегося под угрозой исчезновения, то, согласно ст. 24 Федерального закона от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ «О животном мире», он включается в Красную Книгу и подлежит охране, а также исключается из объектов, разрешенных для вылова согласно ст. 27 Федерального закона от 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». Защита на ООПТ устанавливается Федеральным законом от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» (посл. изм. в 2019 г.). Помимо ООПТ, где охрана осуществляется инспекторами и единичными исследованиями, контроль за сивучами фактически не ведется.

В Японии охраной морских млекопитающих занимается Агентство по рыбному промыслу Министерства сельского хозяйства, лесной и рыбной промышленности (JFA MAFF). Контроль определяется в Законе об охране, контроле численности, а также охоте на диких птиц и млекопитающих (посл. изм. в 2014 г.). С 2007 году в соответствии с планом по рациональному природопользованию была введена модель потенциального биологического изъятия (PBR, предложенная в ММРА США 1972 г.) с ежегодным изъятием 200–500 особей до сокращения поголовья до оптимальных 40 % [6, 18]. Такой подход обусловлен экономическими интересами Японии, но не вписывается в сохранение сивуча.

Основной закон по охране сивуча в США и Канаде это Marine Mammals Protections Act (ММРА), принятый в 1972 г. и обеспечивающий меры по охране морских млекопитающих. Вылов и изъятие, а также любые действия, влияющие на сивучей, регулируются согласно статьям этого закона. Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA) отвечает за защиту сивуча и за ряд других видов. Комиссия по морским млекопитающим обеспечивает научный надзор за действиями различных ведомств, направленных на обеспечение безопасности морских млекопитающих и экосистем. В поправках от 1994 г. обозначается, что преследование, беспокойство и любая нелетальная деятельность, которая может причинить вред морским млекопитающим, запрещена. Выдача квот с целью изъятия с научными целями и для нужд коренных малочисленных народов севера определяется на основании мониторинга. Таким образом, ММРА является единственным эффективным инструментом по охране сивуча в мире, поскольку устанавливает охраняемыми объектами как самих морских млекопитающих, так и места их обитания, а также запрещает любое воздействие на сивучей, способное нанести вред животным и имеет исполнительный орган, уполномоченный на охрану.

Заключение

На основании проведенных исследований мы можем сделать вывод, что оба рассматриваемых лежбища не являются благополучными для залегания сивучей и подвергаются значительному воздействию со стороны человека. В Петропавловске-Камчатском у сивучей отмечаются изменения пищевого поведения, притупление страха перед человеком и адаптация к искусственным ландшафтам. Выделяются такие стратегии получения искусственной подкормки, как ожидание, попрошайничество и воровство, которые являются нарушением естественного пищевого поведения. Адаптивные навыки для освоения антропогенной среды закрепляются у сивучей путём подражания. Несмотря на значительное беспокойство, сивучи способны преодолевать стресс для получения искусственной подкормки. В Невельске сивучи подвергаются существенному беспокойству со стороны туризма, однако полностью не покидают волнолом, поскольку он располагается на путях миграции и удобен для залегания большого числа животных. Отмечается большое число особей, запутанных в антропогенном мусоре. В отличие от Петропавловска-Камчатского, волнолом г. Невельска может быть благополучным местом для залегания сивучей при сокращении беспокойства со стороны туристической деятельности.

Библиографический список

1. Бородавкина М.В., Бобырь И.Г., Карпенко С.Е. Зимующие сивучи (*Eumetopias jubatus*) у островов Кунашир и Шикотан // Морские млекопитающие Голарктики. 2018. С. 90–94. EDN: XVTQRN
2. Бурканов В.Н. и др. Берингово море и акватории Восточной Камчатки как важный район рыболовства и место обитания сивуча: Проблема сосуществования // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. 2017. С. 225–230. EDN: ZWAHNSR
3. Бурканов В.Н. Сивуч *Eumetopias jubatus* (Schreber, 1776) / В.Н. Бурканов // Красная книга Российской Федерации. 2-ое издание. М.: ФГБУ ВНИИ Экология, 2021. С. 1001–1002. EDN: AVLNFN
4. Васюков Е.С., Кириллова А.Д., Бурканов В.Н. Краткие сведения о наблюдениях за зимующими в Авачинской бухте сивучами в сезоны 2020/2021 и 2021/2022 гг. // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. 2022. С. 153–156. DOI: 10.53657/9785961004229_153 EDN: QAITPE

Экология и природопользование

Васюков Е.С.

5. Корнев С.И. Синантропизация сивуча (*Eumetopias jubatus*, schreber, 1776) на Камчатке в черте г. Петропавловска-Камчатского (Итоги 20-летнего мониторинга) // Вестник КамчатГТУ. 2022. № 60. С. 98–122. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-60-98-122 EDN: DIWQYS
6. Ломаева М.В. Проблемы охраны морских млекопитающих в Японии и в России // Морские млекопитающие Голарктики. 2020. С. 111–117. DOI: 10.35267/978-5-9904294-7-5-2020-1-111-117 EDN: LQODEK
7. Никулин В.С., Корнев С.И., Вертянкин В.В., Есина В.П., Бурканов В.Н. Результаты мониторинга сивучей (*Eumetopias jubatus*), зимовавших в Авачинской бухте в 2001–2012 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2013. № 28. С. 17–35. EDN: PYGMHP
8. Bickham J.W., Patton J.C., Loughlin T.R. High variability for control-region sequences in a marine mammal: implications for conservation and biogeography of Steller sea lions. *Journal of Mammalogy*. 1996. Vol. 77. P. 95–108. DOI: 10.2307/1382712 EDN: YBIWRQ
9. Burkanov V.N. et al. “Visual assessment of causes and magnitude of Steller sea lion pup mortality on rookeries in the Russian Far East, 2002–2011.” *Marine Mammals of the Holarctic*. 2023. n. pag.
10. Burkanov V.N., Loughlin T.R. Distribution and abundance of Steller sea lions, *Eumetopias jubatus*, on the Asian Coast, 1720’s–2005. *Marine Fisheries Review* 67. 2005. P. 1–62.
11. Calkins D.G., Goodwin E. Investigation of the declining sea lion population in the Gulf of Alaska. *Alaska Department of Fish and Game*, 1988. P. 1601–1607.
12. Chayahara Y. et al. Human Impact on the Twenty-Four-Hour Patterns of Steller Sea Lions’ Use of a Haulout in Hokkaido, Japan // *Animals*. 2024. Vol. 14, No. 9. P. 1312. DOI: 10.3390/ani14091312 EDN: HEDGKO
13. Goldstein T. et al. Human related injuries observed in live stranded pinnipeds along the central California coast 1986–1998. *Aquatic Mammals*. 1999. No. 25 (1). P. 43–51.
14. Hui T.C.Y. et al. Assessment of competition between fisheries and Steller sea lions in Alaska based on estimated prey biomass, fisheries removals and predator foraging behaviour // *PloS one*. 2015. Vol. 10, No. 5. P. 1–25.
15. Jefferson T.A., Smulter M.A., Ward E.J. Distribution and Abundance of California (*Zalophus californianus*) and Steller (*Eumetopias jubatus*) Sea Lions in the Inshore Waters of Washington, 2013–2016. 2023. P. 366–381.
16. Loughlin T.R. The Steller sea lion: a declining species. *Biosphere Conserv.* 1998. No. 1 (2). P. 91–98.
17. Loughlin T.R., Gearin P.J., DeLong R.L., Merrick R.L. Assessment of net entanglement on northern sea lions in the Aleutian islands, 25 June–15 July 1985. *NWAFRC Processed Report*. 1986. 86-02. P. 51.
18. Makino M., Matsuda H., Sakurai Y. Expanding fisheries co-management to ecosystem-based management: A case in the Shiretoko World Natural Heritage area, Japan. *Marine Policy*. 2009. No. 33 (2). P. 207–214. DOI: 10.1016/j.marpol.2008.05.013 EDN: MKMIDJ
19. Matsuda H. et al. Beyond dichotomy in the protection and management of marine mammals in Japan // *Therya*. 2015. Vol. 6, No. 2. P. 283–296.
20. National Marine Fisheries Service. Status Review of The Eastern Distinct Population Segment of Steller Sea Lion (*Eumetopias jubatus*). 144pp + Appendices. Protected Resources Division, Alaska Region, National Marine Fisheries Service, 709 West 9th St, Juneau, Alaska 99802. 2013. P. 84.
21. Page B. et al. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*. 2004. 49. P. 33–42.
22. Perez M.A. Analysis of Marine Mammal Bycatch Data from the Trawl, Longline, and Pot Groundfish Fisheries of Alaska, 1998–2004, Defined by Geographic Area, Gear Type, and Catch Target Groundfish Species; USA Department of Commerce: Washington, DC, USA. 2006. P. 194.
23. Raum-Suryan K.L., Jemison L.A., Pitcher K.W. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions // *Marine pollution bulletin*. 2009. Vol. 58, No. 10. P. 1487–1495. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.004 EDN: XWTMDT
24. Raum-Suryan K.L., Suryan R.M. Entanglement of Steller Sea Lions in Marine Debris and Fishing Gear on the Central Oregon Coast from 2005–2009 // *Oceans*. MDPI. 2022. Vol. 3, No. 3. P. 319–330. DOI: 10.3390/oceans3030022 EDN: BHIXNN
25. Raum-Suryan K.L., Rehberg M.J., Pendleton G.W., Pitcher K.W., Gelatt T.G. Dispersal, movement patterns and haulout use of pup and juvenile Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Marine Mammal Science* 20. 2004. P. 823–850. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2004.tb01195.x EDN: XWTNCI
26. Tidwell K.S., Carrothers B.A., Bayley K.N., Magill L.N., van der Leeuw B.K. Evaluation of pinniped predation on adult salmonids and other fish in the Bonneville Dam tailrace, 2018. U. S. Army Corps of Engineers, Fisheries Field Unit, Portland, OR. 2019.
27. Trites A.W., Larkin P.A. The status of Steller sea lion populations and the development of fisheries in the Gulf of Alaska and Aleutian Islands. A report of the Pacific States Marine Fisheries Commission pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration Award. 1992. No. NA17D0177.
28. Warlick A.J. et al. Spatio-temporal characterization of pinniped strandings and human interaction cases in the Pacific Northwest, 1991–2016 // *Aquat. Mamm.* 2018. Vol. 44. P. 299–318.

References

1. Borodavkina M.V., Bobyr I.G., Karpenko S.E. Wintering sea lions (*Eumetopias jubatus*) off the islands of Kunashir and Shikotan // *Marine mammals of the Holarctic*. 2018. pp. 90–94. (In Russian)
2. Burkanov V.N. et al. The Bering Sea and the waters of Eastern Kamchatka as an important fishing area and habitat for sea lions: The problem of coexistence // Conservation of the biodiversity of Kamchatka and the adjacent seas. 2017. pp. 225–230. (In Russian)
3. Burkanov, V.N. Sivuch *Eumetopias jubatus* (Schreber, 1776) / V.N. Burkanov // *Red Book of the Russian Federation*. 2nd edition. Moscow : Federal State Budgetary Research Institute of Ecology, 2021. pp. 1001–1002. (In Russian)
4. Vasyukov E.S., Kirillova A.D., Burkanov V.N. Brief information on observations of sea lions wintering in Avacha Bay in the seasons 2020/2021 and 2021/2022 // Conservation of the biodiversity of Kamchatka and the adjacent seas. 2022. pp. 153–156. (In Russian)
5. Kornev S.I. Synanthropization of the sea lion (*Eumetopias jubatus*, schreber, 1776) in Kamchatka within the city of Petropavlovsk-Kamchatsky (Results of 20-year monitoring) // *Bulletin of Kamchatgtu*. 2022. No.60. pp. 98–122. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-60-98-122. (In Russian)
6. Lomaeva M.V. Problems of marine mammal conservation in Japan and Russia // *Marine mammals of the Holarctic*. 2020. pp. 111–117. (In Russian)

Экология и природопользование

Васюков Е.С.

7. Nikulin V.S., Kornev S.I., Vertyankin V.V., Esina V.P., Burkanov V.N. Monitoring results of sea lions (*Eumetopias jubatus*) wintering in Avacha Bay in 2001–2012 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwestern Pacific Ocean. 2013. No.28. pp. 17–35. (In Russian)
8. Bickham, J.W., J.C. Patton, and T.R. Loughlin. High variability for control-region sequences in a marine mammal: implications for conservation and biogeography of Steller sea lions. *Journal of Mammalogy*. 1996. Vol. 77. P. 95–108.
9. Burkanov V.N. et al. “Visual assessment of causes and magnitude of Steller sea lion pup mortality on rookeries in the Russian Far East, 2002–2011.” *Marine Mammals of the Holarctic*. 2023. n. pag.
10. Burkanov, V.N., and T.R. Loughlin. 2005. Distribution and abundance of Steller sea lions, *Eumetopias jubatus*, on the Asian Coast, 1720’s–2005. *Marine Fisheries Review* 67. P. 1–62.
11. Calkins D.G., Goodwin E. Investigation of the declining sea lion population in the Gulf of Alaska. – Alaska Department of Fish and Game, 1988. P. 1601–1607.
12. Chayahara Y. et al. Human Impact on the Twenty-Four-Hour Patterns of Steller Sea Lions’ Use of a Haulout in Hokkaido, Japan // *Animals*. 2024. T. 14. №. 9. P. 1312.
13. Goldstein, T. et al. in the abundance of two sympatric phocid species? Human related injuries observed in live stranded pinnipeds along the central California coast 1986–1998. *Aquatic Mammals*, 1999. 25(1). P. 43–51.
14. Hui T.C.Y. et al. Assessment of competition between fisheries and Steller sea lions in Alaska based on estimated prey biomass, fisheries removals and predator foraging behaviour // *PLoS one*, 2015. T. 10. №. 5. P. 1–25.
15. Jefferson T.A., Smultea M.A., Ward E.J. Distribution and Abundance of California (*Zalophus californianus*) and Steller (*Eumetopias jubatus*) Sea Lions in the Inshore Waters of Washington, 2013–2016. 2023. P. 366–381.
16. Loughlin, T.R. The Steller sea lion: a declining species. *Biosphere Conserv.* 1998. 1(2). P. 91–98.
17. Loughlin, T.R., Gearin, P.J., DeLong, R.L., Merrick, R.L. Assessment of net entanglement on northern sea lions in the Aleutian Islands, 25 June–15 July 1985. NWAFC Processed Report. 1986. 86-02. P. 51.
18. Makino M., Matsuda H., Sakurai Y. Expanding fisheries co-management to ecosystem-based management: A case in the Shiretoko World Natural Heritage area, Japan. *Marine Policy*. 2009. 33(2). P. 207–214.
19. Matsuda H. et al. Beyond dichotomy in the protection and management of marine mammals in Japan // *Therya*. 2015. T. 6. №. 2. P. 283–296.
20. National Marine Fisheries Service. 2013. Status Review of The Eastern Distinct Population Segment of Steller Sea Lion (*Eumetopias jubatus*). 144pp + Appendices. Protected Resources Division, Alaska Region, National Marine Fisheries Service, 709 West 9th St, Juneau, Alaska 99802. P. 84.
21. Page, B., et al. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*. 2004. 49. P. 33–42.
22. Perez, M.A. Analysis of Marine Mammal Bycatch Data from the Trawl, Longline, and Pot Groundfish Fisheries of Alaska, 1998–2004, Defined by Geographic Area, Gear Type, and Catch Target Groundfish Species; USA Department of Commerce: Washington, DC, USA. 2006. P. 194.
23. Raum-Suryan K.L., Jemison L.A., Pitcher K.W. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions // *Marine pollution bulletin*. 2009. T. 58. №. 10. P. 1487–1495.
24. Raum-Suryan K.L., Suryan R.M. Entanglement of Steller Sea Lions in Marine Debris and Fishing Gear on the Central Oregon Coast from 2005–2009 // *Oceans. MDPI*. 2022. T. 3. №. 3. P. 319–330.
25. Raum-Suryan, K.L., Rehberg, M.J., Pendleton, G.W., Pitcher, K.W., Gelatt, T.G., 2004. Dispersal, movement patterns and haulout use of pup and juvenile Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Marine Mammal Science* 20, P. 823–850.
26. Tidwell, K. S., B. A. Carrothers, K.N. Bayley, L.N. Magill, and B.K. van der Leeuw. 2019. Evaluation of pinniped predation on adult salmonids and other fish in the Bonneville Dam tailrace, 2018. U. S. Army Corps of Engineers, Fisheries Field Unit, Portland, OR.
27. Trites, A.W. & Larkin, P.A. The status of Steller sea lion populations and the development of fisheries in the Gulf of Alaska and Aleutian Islands. A report of the Pacific States Marine Fisheries Commission pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration Award 1992. No. NA17D0177.
28. Warlick A.J. et al. Spatio-temporal characterization of pinniped strandings and human interaction cases in the Pacific Northwest, 1991–2016 // *Aquat. Mamm.* 2018. T. 44. P. 299–318.

Статья поступила в редакцию: 06.08.24, одобрена после рецензирования: 27.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 6 August 2024; approved after review: 27 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторе

Егор Сергеевич Васюков

младший научный сотрудник, молодёжная лаборатория исследования антропогенной динамики экосистем, Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга; 683032, Россия, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4; аспирант Тихоокеанского института географии Дальневосточное отделение Российской академии наук; 690041, Россия, г. Владивосток, ул. Радио, 7 e-mail: egor.vasyukov@list.ru

Information about the author

Egor S. Vasyukov

Junior Researcher, Youth Laboratory for the Study of Anthropogenic Dynamics of Ecosystems, Vitus Bering Kamchatka State University; 4, Pogranichnaya st., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683032, Russia; Postgraduate Student, Pacific Institute of Geography, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 7, Radio st., Vladivostok, 690041, Russia

Научная статья

УДК: 502.45

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175

EDN: UHYUWU

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДОСБОРЫ
ОХРАНЯЕМОГО ЛАНДШАФТА «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС»****Александра Валерьевна Сыстерова¹, Александр Александрович Борисов²**¹ ООО «Западно-Уральский институт водных и экологических проблем», г. Пермь, Россия² Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, Камский филиал, г. Пермь, Россия¹ Systerova-alexandra@yandex.ru² borissoff@mail.ru

Аннотация. В условиях города особо охраняемые природные территории играют значительную роль. Их важной составляющей являются малые водотоки, по состоянию которых можно отслеживать признаки изменения в экосистеме. В статье приведена оценка состояния экосистем водосборных территорий водотоков охраняемого ландшафта «Черняевский лес» г. Перми. В ходе маршрутного обследования были выявлены многочисленные места захламления прибрежных и русловых территорий бытовыми и строительными отходами, древесными остатками, различным мусором. В 14 створах на водотоках были определены значения pH, электропроводности, температуры, прозрачности, концентрации кислорода, расхода. Для каждого водосбора определена степень деградации экосистем. Полученные результаты были оценены четырьмя способами: по нормативам рыбохозяйственного водоема, по санитарно-гигиеническим нормативам водоемов рекреационного назначения, по сравнению с фоновыми значениями и по рассчитанным средним значениям показателей. По санитарно-гигиеническим показателям и нормативам рыбохозяйственного водоема в изученных водотоках превышений не обнаружено. По фоновым и средним значениям отклонения обнаружены в створах, расположенных вблизи границ и в местах наиболее активной рекреации. Построены графики зависимости физико-химических показателей от степени деградации, согласно которым водородный показатель соответствует увеличению степени деградации, концентрация кислорода и прозрачность не зависят от степени деградации. В целом обследование показало, что экосистемы леса подвержены антропогенному воздействию в виде вытаптывания растительности и захламления пойменных частей водотоков. И только в южной части, где водосборные территории находятся непосредственно в зоне жилой застройки, отмечались признаки загрязнения вод.

Ключевые слова: Черняевский лес, водотоки, экология, деградация экосистем

Для цитирования: Сыстерова А.В., Борисов А.А. Оценка антропогенного воздействия на водосборы охраняемого ландшафта «Черняевский лес» // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 164–175. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175. EDN: UHYUWU

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175

EDN: UHYUWU

**ASSESSMENT OF THE ANTHROPOGENIC IMPACT
OF THE PROTECTED LANDSCAPE ‘CHERNYAEVSKY FOREST’ ON WATERSHEDS****Alexandra V. Systerova¹, Alexandr A. Borisov²**¹ West Ural Institute of Water and Environmental Problems, Perm, Russia² Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources, Kama Branch, Perm, Russia¹ Systerova-alexandra@yandex.ru² borissoff@mail.ru

Abstract. Specially protected natural areas play an important role in urban environment. Their important component is small watercourses, the condition of which can be used as an indicator of changes in the ecosystem. The article presents an assessment of the ecosystems of stream watershed areas within the protected landscape ‘Chernyaevsky Forest’ located in the city of Perm. The route survey has revealed numerous places of littering of the waterside and channels with



© 2025 Эта работа Сыстеровой А.В., Борисова А.А. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

household and construction waste, wood residues, and various types of garbage. The values of pH, electrical conductivity, temperature, transparency, oxygen concentration, and flow rate were determined at 14 sites on the watercourses. The obtained results were assessed in four ways: according to the norms of fishery water bodies, according to the sanitary-hygienic norms of recreational water bodies, against background values, and according to the calculated average values of the indicators. No exceedances have been found in the studied watercourses in terms of sanitary-hygienic indicators and norms of fishery water bodies. As to the background and average values, deviations have been detected at the sites located near the boundaries and in areas of most active recreation. Graphs showing dependence of physicochemical indicators on the degree of degradation have been built, according to which the hydrogen indicator corresponds to an increase in the degree of degradation, whereas oxygen concentration and transparency are independent of the degradation degree. In general, the survey has shown that forest ecosystems are subject to anthropogenic impact in the form of trampling of vegetation and littering of floodplain parts of watercourses. Only in the southern part, where the catchment areas are located directly in the zone of residential development, signs of water pollution were noted.

Keywords: Chernyaevsky Forest, watercourses, ecology, ecosystems degradation

For citation: Systerova, A.V., Borisov, A.A. (2025). Assessment of the anthropogenic impact of the protected landscape 'Chernyaevsky Forest' on watersheds. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp.164–175. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-164-175. EDN: UHYUWU

Введение

Важная роль в соблюдении экологического баланса в городских условиях отводится особо охраняемым природным территориям (ООПТ). Они выступают в качестве природного базиса для сохранения уязвимых видов растений и животных и обеспечивают регулирование и улавливание загрязнений со стороны производств и автотранспорта. В практическом смысле ООПТ предоставляют городским жителям возможность рекреации, что положительно влияет на их здоровье и самочувствие. Вышеобозначенные факторы определяют необходимость постоянного мониторинга компонентов ООПТ.

В условиях ООПТ малые реки отражают как особенности естественной гидрографии и гидрохимии, так и степень влияния городской среды, а также общий характер урбанизации. Их экосистемы под воздействием антропогенных нагрузок достаточно быстро изменяются, сопровождаясь адаптационными преобразованиями флоры и фауны [1–3]. Поэтому исследователи рассматривают малые реки как интегральный индикатор экологического состояния урбанизированных территорий [2–3, 21].

Для малых рек урбанизированных территорий характерны значительные колебания расходов, изменения физико-химических показателей (водородный показатель, электропроводность, температура, концентрация растворенного кислорода, прозрачность), поэтому их часто используют в комплексе экспресс-методов диагностики состояния [11, 13, 21].

ООПТ «Черняевский лес» представляет собой лесной массив, в большей степени сохранившийся в естественном состоянии и окруженный жилой застройкой и дорогами. По территории «Черняевского леса» протекает несколько малых рек, конфигурация естественных границ водосбора которых была изменена жилой застройкой и автомобильными дорогами. Из-за этого потенциальное негативное воздействие на пойменные экосистемы леса может оказываться как напрямую (вытаптывание, захламление, смыв дорожных реагентов и т.д.), так и косвенно (изменение водного баланса, деградация почвенных комплексов и т.д.) [8, 12, 18]. Мониторинг малых рек данной ООПТ является важной составляющей комплекса работ, направленных на сохранение и улучшение его экологического состояния.

Целью работы являлось определение современного состояния водотоков ООПТ «Черняевский лес» и оценка степени их соответствия нормативным требованиям.

Материал и методика

Все водотоки «Черняевского леса» относятся к категории малых рек. Особенность охраняемого ландшафта в том, что он расположен в черте города и подвергается значительным антропогенным нагрузкам. Территория «Черняевского леса» охватывает пространство Дзержинского и Индустриального района г. Перми и ограничена улицами Шоссе Космонавтов, Подлесная и Встречная [6].

Он расположен в пределах возвышенной волнисто-вогнутой равнины Пермского Прикамья в подзоне южной тайги. Рельеф территории сформирован надпойменными террасами р. Камы. Для территории характерны несколько типов почвообразования. Преобладающими являются дерново-подзолистые почвы, но отмечены также дерновоподзолы глеевые, торфяно-подзолы глеевые, подзолы глеевые, аллювиальные торфяноглеевые и перегнойно-глеевые почвы [8]. Состав леса представлен 6 сосновыми, 6 еловыми, 1 березовым, 2 ольховым типами. Наибольшая площадь (66,1 %) приходится на сосновые леса [6, 12, 19].

В период 2022–2023 гг. было выполнено обследование территории и водотоков «Черняевского леса». Обследование проводилось трижды: в весенний, летний и осенний периоды года. Во время обследования определялись физико-химические параметры (водородный показатель (pH), температура (t°C), электропроводность (χ), прозрачность, растворенный кислород, расход воды), а также проводилось визуальное обследование участков русла и пойм. Ситуационная схема обследованной территории приведена на рис. 1.

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.



Рис. 1. Ситуационная схема территории и расположение створов:

- 1 – ручей № 1, 146 м от истока; 2 – ручей № 1, 432 м от истока; 3 – ручей № 1, 982 м от истока; 4 – ручей № 2;
5 – ручей № 10; 6 – ручей № 11, 150 м от истока; 7 – ручей № 11, 1400 м от истока; 8 – р. Костянка,
480 м от истока; 9 – р. Костянка, 1326 м от истока; 10 – ручей № 12, исток; 11 – ручей № 3, 200 м от истока;
12 – ручей № 3, 1295 м от истока; 13 – ручей № 9; 14 – водоем со стороны ул. Встречной

Fig.1. Situation diagram of the territory and location of the sites:

- 1 – brook No.1, 146 m from its source; 2 – brook No.1, 432 m from its source; 3 – brook No.1, 982 m from its source;
4 – brook No.2; 5 – brook No.10; 6 – brook No.11, 150 m from its source; 7 – brook No.11, 1,400 m from its source;
8 – the Kostyanka River, 480 m from its source; 9 – the Kostyanka River, 1,326 m from its source; 10 – brook No.12, source;
11 – brook No.3, 200 m from its source; 12 – brook No.3, 1,295 m from its source; 13 – brook No.9;
14 – pond from the side of Vstrechnaya st.

Для определения физико-химических параметров воды, размеров русел и глубины использовались: кондуктометр ProfiLine Cord 1970i, оксиметр HI 9146, pH-метр HI 83141, гидрометрическая рейка. Всё оборудование обладает сертификатами и прошло эталонировку.

Для комплексной оценки состояния экосистем использовались методические указания [10]. За базовую экосистему принят тип леса согласно лесоустроительным данным, предоставленным МКУ «Пермское городское лесничество». По этим данным составлена схема типов леса на территории ООПТ (рис. 2).

За единицу площади при оценке состояния экосистем леса принят водосборный бассейн. В границах охраняемого ландшафта выделено шесть водосборных бассейнов: пять – первого порядка и один – второго. Площади экосистем с одинаковой степенью деградации рассчитывались в программе ArcGis.

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

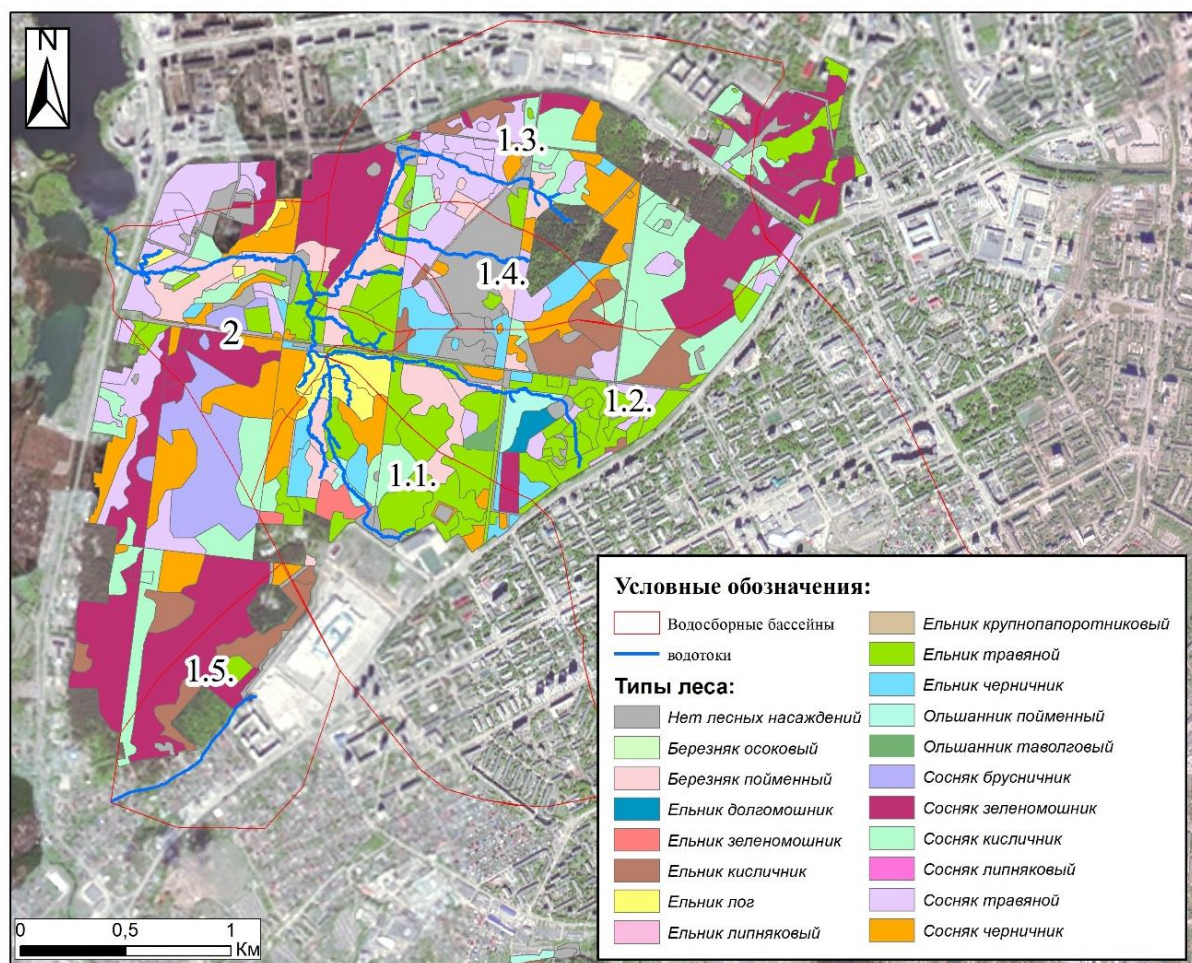


Рис. 2. Расположение водосборных бассейнов и распределение типов леса

Fig. 2. Location of watersheds and distribution of forest types

В водосборных бассейнах проведена оценка зависимости степени деградации экосистем от физико-химических параметров водотоков. При сравнении были использованы створы, находящиеся в нижней части течения, в качестве характеризующих экосистему водосбора на выходе.

Результаты

Визуальный осмотр показал, что фитоценозы состоят из прибрежно-водной растительности: ряска, рогоз, осока и др. Прибрежная растительность на некоторых участках подвержена вытаптыванию. Сами прибрежные зоны подвергаются захламлению бытовыми и строительными отходами, древесными остатками, различным мусором. В русловой части многократно отмечалось наличие посторонних предметов. Водопроемы через пешеходные дорожки находятся в неудовлетворительном состоянии, местами оголовки полностью разрушены (рис. 3).

Гидрографическая сеть в значительной мере изменена вследствие механических воздействий. В осенний период во многих водотоках отсутствовала вода.

Обследование включало измерение водородного показателя, температуры, электропроводности, прозрачности, концентрации кислорода и расхода воды. Результаты представлены в табл. 1.

Наиболее деградированные участки наблюдаются на периферии территории ООПТ вблизи жилых зон, на тропах и рекреационных площадках. Менее деградированные участки – в глубине леса.

В обследованных водотоках значения водородного показателя составляли от 7,4 до 8,7. Воды относились к слабощелочным, с преобладанием гидрокарбонатов кальция и магния.

Температура в обследованных водотоках изменялась от 5,3 до 7,9 весной, от 10,9 до 16,6 летом, от 2,9 до 12,9 осенью. Наименьшее значение температуры наблюдалось в створе № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) в осенний

период. Наибольшее значение отмечалось в створе № 8 (р. Костянка, 480 м от истока). Наибольшая прогреваемость водотоков зарегистрирована в створах № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) и № 7 (ручей № 11, 1400 м от истока).

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.



а) брошенные порубочные
остатки
a) abandoned logging residue



б) разрушенный порталный
оголовок
б) collapsed portal casing



в) захламление русла водотока
в) streambed littering

Рис. 3. Примеры состояния русла и поймы водотоков
Fig. 3. Examples of channel and floodplain conditions of the watercourses

Удельная электропроводность изменялась в диапазоне 0,47–0,97 мСм/см, что в пересчёте на минерализацию соответствует 300–590 мг/л. Наибольший показатель электропроводности отмечен в створе № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) в летний и осенний периоды.

Наибольший показатель прозрачности наблюдался в створе № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), наименьший – в створе № 12 (ручей № 3, 1295 м от истока).

Наибольшие значения растворенного кислорода наблюдались в осенний период в створе № 2 (ручей № 1, 432 м от истока).

Нормирование показателей выполнено по нормативам рыбохозяйственного водоема [20], а также по нормативам водоема, используемого для целей рекреации [14].

Значение pH, согласно санитарно-гигиеническим нормативам, должно находиться в пределах 6–9 баллов. Исходя из нормативов рыбохозяйственного водоема, показатель pH должен соответствовать фоновому. Значения pH в водотоках соответствовали нормативам.

Значение температуры, согласно санитарно-гигиеническим нормативам, в летнее время в результате сброса сточных вод не должно повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет. Исходя из нормативов рыбохозяйственного водоема, температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5 °С, с общим повышением температуры не более чем до 20 летом и 5 °С зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы и не более чем до 28 летом и 8 °С зимой в остальных случаях.

По показателям прозрачности и электропроводности в обоих документах нормативные значения отсутствуют.

Значения концентрации кислорода по санитарно-гигиеническим нормативам не должны быть менее 4,0 мг/л, а согласно рыбохозяйственным нормативам – не менее 6,0 мг/л. Показатель растворенного кислорода во всех исследованных водотоках соответствовал нормативному значению.

Анализ значений показал, что измеренные показатели во все периоды измерения во всех исследованных водотоках соответствовали значениям обоих нормативных документов.

Поскольку территория «Черняевского леса» не используется для ведения хозяйственной деятельности и подвергается минимальным и случайным воздействиям со стороны рекреации и застройки, общие нормативы для вод ручьев не слишком репрезентативны. Качество воды в ручьях «Черняевского леса» соответствует всем установленным ПДК. Тем не менее для того, чтобы снизить любой риск попадания загрязняющих веществ в водотоки и вовремя выявить признаки изменений в химическом составе, необходимы более чувствительные способы оценки, чем ПДК. В качестве таких способов можно использовать средние значения показателей, рассчитанных именно для территории «Черняевского леса», и оценку по фоновым значениям. В качестве фона в летнее и весеннее время выбран створ № 13 (ручей № 9). Выбранная точка находится на достаточном удалении от жилой зоны. В нее не впадают другие водотоки, что исключает разбавление. В осеннее время вода в русле № 13 (ручей № 9) отсутствовала, поэтому в качестве фона на это время был выбран створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока). Он располагался на достаточном удалении от урбанизированной территории, а также имел значения, которые по статистическим показателям укладывались в рамки стандартного отклонения для значений осеннего периода.

Для значений показателей рассчитано среднее значение, средневзвешенное отклонение и коэффициент вариации. Результаты представлены в табл. 2.

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Таблица 1
Table 1

Результаты определения физико-химических параметров воды водотоков
Physicochemical parameters of water in the watercourses

№ створа	Описание створа	pH, ед.рН	t, °C	χ, мСм/см	прозрачность, см	кислород, мг/дм³	расход, л/с
1	ручей № 1, 146 м от истока	7,54	6,70	0,92	26	6,12	4,12
		7,76	10,9	0,97	35	5,41	3,61
		7,71	9,60	0,97	31	6,12	2,89
2	ручей № 1, 432 м от истока	7,74	7,90	0,91	32	6,23	4,05
		7,80	12,3	0,92	35	6,24	3,65
		7,48	11,3	0,90	30	9,72	2,01
3	ручей № 1, 982 м от истока	8,30	8,20	0,78	24	8,25	4,22
		8,18	14,0	0,80	32	6,75	4,27
		8,08	12,9	0,91	29	8,74	0,40
4	ручей № 2	7,54	8,40	0,42	26	7,35	0,25
		7,40	14,5	0,44	27	7,23	0,17
		—	—	—	—	—	—
5	ручей № 10	7,56	7,90	0,54	25	7,12	0,21
		7,51	13,2	0,54	28	6,88	0,1
		—	—	—	—	—	—
6	ручей № 11, 150 м от истока	7,89	4,30	0,94	32	5,28	3,34
		7,98	13,9	0,86	38	4,98	2,31
		7,63	2,90	0,80	30	7,77	0,35
7	ручей № 11, 1400 м от истока	7,82	7,90	0,75	35	7,77	3,42
		7,86	11,9	0,65	32	6,87	3,2
		—	—	—	—	—	—
8	р. Костянка, 480 м от истока	8,01	8,30	0,71	23	8,68	6,75
		8,10	16,6	0,68	27	7,94	6,4
		—	—	—	—	—	—
9	р. Костянка, 1326 м от истока	7,86	8,50	0,68	26	9,12	6,81
		8,07	15,0	0,63	32	6,86	6,56
		—	—	—	—	—	—
10	ручей № 12, исток	7,86	12,5	0,47	24	7,38	—
		—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—
10	ручей № 12, исток	8,68	5,30	0,81	26	5,97	1,20
		8,70	13,8	0,78	28	5,87	0,9
		7,95	10,6	0,48	29	8,57	0,42
11	ручей № 3, 200 м от истока	7,75	6,80	0,98	18	6,42	0,25
		7,46	11,8	0,84	24	5,64	0,27
		—	—	—	—	—	—
12	ручей № 3, 1295 м от истока	7,59	7,40	0,81	23	7,23	0,10
		7,71	12,5	0,79	19	6,85	0,1
		—	—	—	—	—	—
13	ручей № 9	8,10	5,80	0,63	24	8,34	0,10
		8,02	14,1	0,64	27	7,14	0,1
		—	—	—	—	—	—
14	водоем, со стороны ул. Встречной	—	—	—	—	—	—

Примечание: верхнее значение – весеннее опробование, среднее значение – летнее опробования, нижнее значение – осеннее опробование; прочерк – водоток пересох

Note: upper value - spring sampling, middle value - summer sampling, lower value - fall sampling; dash - watercourse is dry

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Таблица 2
Table 2

Статистические параметры значений физико-химических параметров водотоков
Statistical parameters of physicochemical profile values of the watercourses

Параметр	pH, ед.рН*	t, °C*	χ, мСм/см*	прозрачность, см	кислород, мг/дм³	расход, л/с
Весна						
Среднее значение	7,88	7,18	0,76	26,15	7,22	2,68
Стандартное отклонение	0,32	1,28	0,16	4,33	1,13	2,39
Коэффициент вариации, %	0,04	0,18	0,21	0,17	0,16	0,89
Лето						
Среднее значение	7,89	13,36	0,72	29,14	6,57	2,43
Стандартное отклонение	0,32	1,44	0,16	4,95	0,80	2,29
Коэффициент вариации, %	0,04	0,11	0,22	0,17	0,12	0,94
Осень						
Среднее значение	7,77	9,46	0,812	29,8	8,184	1,214
Стандартное отклонение	0,22	3,45	0,17	0,75	1,20	1,05
Коэффициент вариации, %	0,03	0,36	0,22	0,03	0,15	0,86

Средневзвешенное значение показывает, насколько измеренные величины колеблются относительно средних значений. Коэффициент вариации рассчитывается на основе среднего значения и стандартного отклонения. В практическом плане оба они показывают однородность распределения значений. В данном случае наиболее неоднородны показатели «температура» и «расход», во всех случаях стандартное отклонение >1. Тем не менее выборка практически по всем показателям достаточно однородная (коэффициент вариации <20).

Отмечена обратно пропорциональная зависимость между показателями электропроводности и прозрачности (коэффициент корреляции в весенний период составил 0,97, а в летний – 0,73) и прямо пропорциональная зависимость между показателями концентрации кислорода и водородным показателем (коэффициент корреляции в весенний период – 0,94, в летний – 0,59).

Значения показателей в фоновых створах имели различия, но не выходили за рамки рассчитанных средних величин. В створе № 13 среда была более щелочная, а электропроводность меньше.

Результаты исследования в долях фона приведены в табл. 3.

Таблица 3
Table 3

Физико-химические исследования вод в долях фона
Physicochemical studies of waters in fractions of the background

№ створа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Фон
Значение															
Весна															
рН, ед.рН	0,93	0,96	1,02	0,93	0,93	0,97	0,97	0,99	0,97	1,07	0,96	0,94	1	–	8,1
χ, мСм/см	1,46	1,44	1,24	0,67	0,86	1,49	1,19	1,13	1,08	1,29	1,56	1,29	1	–	0,63
прозрачность, см	1,08	1,33	1,00	1,08	1,04	1,33	1,46	0,96	1,08	1,08	0,75	0,96	1	–	24
кислород, мг/дм³	0,73	0,75	0,99	0,88	0,85	0,63	0,93	1,04	1,09	0,72	0,77	0,87	1	–	8,34
Лето															
рН, ед.рН	0,97	0,97	1,02	0,92	0,94	1,00	0,98	1,01	1,01	1,08	0,93	0,96	1,00	0,98	8,02
χ, мСм/см	1,52	1,44	1,25	0,69	0,84	1,34	1,02	1,06	0,98	1,22	1,31	1,23	1,00	0,73	0,64
прозрачность, см	1,30	1,30	1,19	1,00	1,04	1,41	1,19	1,00	1,19	1,04	0,89	0,70	1,00	0,89	27
кислород, мг/дм³	0,76	0,87	0,95	1,01	0,96	0,70	0,96	1,11	0,96	0,82	0,79	0,96	1,00	1,03	7,14
Осень															
рН, ед.рН	1,00	0,97	1,05	–	–	0,99	–	–	–	1,03	–	–	–	–	7,71
χ, мСм/см	1,00	0,93	0,94	–	–	0,82	–	–	–	0,49	–	–	–	–	0,97
прозрачность, см	1,00	0,97	0,94	–	–	0,97	–	–	–	0,94	–	–	–	–	31
кислород, мг/дм³	1,00	1,59	1,43	–	–	1,27	–	–	–	1,40	–	–	–	–	6,12

Примечание: прочерк – водоток пересох

Note: dash – the watercourse is dry

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Обсуждение

При сравнении измеренных значений с нормативами рыбохозяйственного водоема и с санитарно-гигиеническими нормативами водоема, используемого для целей рекреации, превышений выявлено не было.

Для всех водотоков определено стандартное отклонение от среднего значения по показателям pH, температуры, электропроводности, прозрачности и концентрации кислорода.

По значениям pH за пределы среднего квадратичного отклонения выходили значения в створах № 1 (весна), № 2 (осень), ручей № 10 (лето), ручей № 12, исток (осень, лето), ручей № 3, 200 м от истока (лето).

По температуре – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна и осень), № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) (лето), № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока (лето и осень), № 10 (ручей № 12, исток) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (лето), № 13 (ручей № 9) (лето).

По электропроводности – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (лето), № 4 (ручей № 2) (весна, лето), № 5 (ручей № 10) (весна), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна).

По прозрачности – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето, осень), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (весна, лето), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна, лето), № 7 (ручей № 11, 1400 м от истока) (весна), № 10 (ручей № 12, исток) (лето), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна), № 12 (ручей № 3, 1295 м от истока) (лето).

Концентрация кислорода – створ № 1 (ручей № 1, 146 м от истока) (лето, осень), № 2 (ручей № 1, 432 м от истока) (осень), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока) (весна, лето), № 8 (р. Костянка, 480 м от истока) (весна), № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока) (весна), № 10 (ручей № 12, исток) (весна), № 11 (ручей № 3, 200 м от истока) (весна), № 14 (водоем, со стороны ул. Встречной) (лето).

Наибольшее общее количество значений, не укладывающихся в пределы среднего квадратического отклонения, выявлено в следующих створах: № 1 (ручей № 1, 146 м от истока), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), № 10 (ручей № 12, исток). Если в створах № 6 и № 10 влияние антропогенного воздействия очевидно в силу их расположения, то створ № 1 находится на достаточном удалении от жилой застройки, и антропогенное влияние на него маловероятно. Скорее всего, высокие значения удельной электропроводности обусловлены естественной минерализацией вод главным образом кальцием и магнием.

При анализе показателей по величине отклонения от средних значений и по превышению над фоновыми значениями наиболее сильно выделяются створы № 2 (ручей № 1, 432 м от истока), № 6 (ручей № 11, 150 м от истока), № 10 (ручей № 12, исток). Эти точки находятся ближе всех к жилой зоне. Предполагается, что в районе этих точек в водотоки могут попадать стоки с жилой зоны. Отмечается, что близость жилой зоны соответствует более значимым отклонениям показателей, чем близость автодорог.

По результатам оценки состояния экосистем, степень их деградации изменялась от средней до очень слабой. Наибольшую нагрузку испытывают пойменные экосистемы в водосборном бассейне 1.4. и 1.5 (табл. 4). Это может быть связано с наибольшей концентрацией объектов рекреации: экологических троп, детских и спортивных площадок, прудов (водосбор 1.4.), а также близостью жилой застройки (водосбор 1.5 ближе всех соотнесен с урбанизированной территорией; в его пределах располагается несколько торговых центров, спортивный комплекс им. В.П. Сухарева и жилая зона). Наименее деградированные экосистемы наблюдаются в водосборном бассейне 1.3.

Таблица 4
Table 4

Результаты оценки степени деградации экосистем водосборных бассейнов
Assessment of the degree of the ecosystems' degradation in the watersheds

Водосбор	Доля площади, занятой экосистемами с соответствующей степенью деградации						Общий балл деградации	Характеристика степени деградации экосистем
	0	1	2	3	4	5		
1.1.	0	0,82	0	0,09	0	0,09	1,48	Очень слабodeградированные
1.2.	0	0,73	0,05	0	0	0,14	1,45	Очень слабodeградированные
1.3.	0	0,87	0	0,11	0	0,02	1,31	Очень слабodeградированные
1.4.	0	0,54	0	0,46	0	0,35	1,92	Очень слабodeградированные
1.5.	0	0,36	0	0	0	0,64	3,56	Среднедеградированные
2	0	0,76	0	0,13	0	0,11	1,71	Очень слабodeградированные

По данным о степени деградации и физико-химическим параметрам составлены графики для весеннего и летнего периодов (рис. 4). В осенний период во всех выбранных руслах вода отсутствовала.

Водородный показатель имеет прямую зависимость от степени деградации экосистем, при увеличении степени деградации pH становится более щелочной (рис. 4а). Это может быть связано с развитием фотосинтезирующих организмов: макрофитов и фитопланктона. В свою очередь развитие фотосинтезирующих организмов может свидетельствовать о повышении концентрации CO₂ и снижении концентрации O₂ в водах, так как при потреблении CO₂ водными фотосинтезирующими организмами высвобождаются ионы OH⁻ [15]. Биотоп с наибольшим показателем степени деградации выбивается из общего массива. В этом случае мы видим, что показатель pH обретает свое наивысшее значение.

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

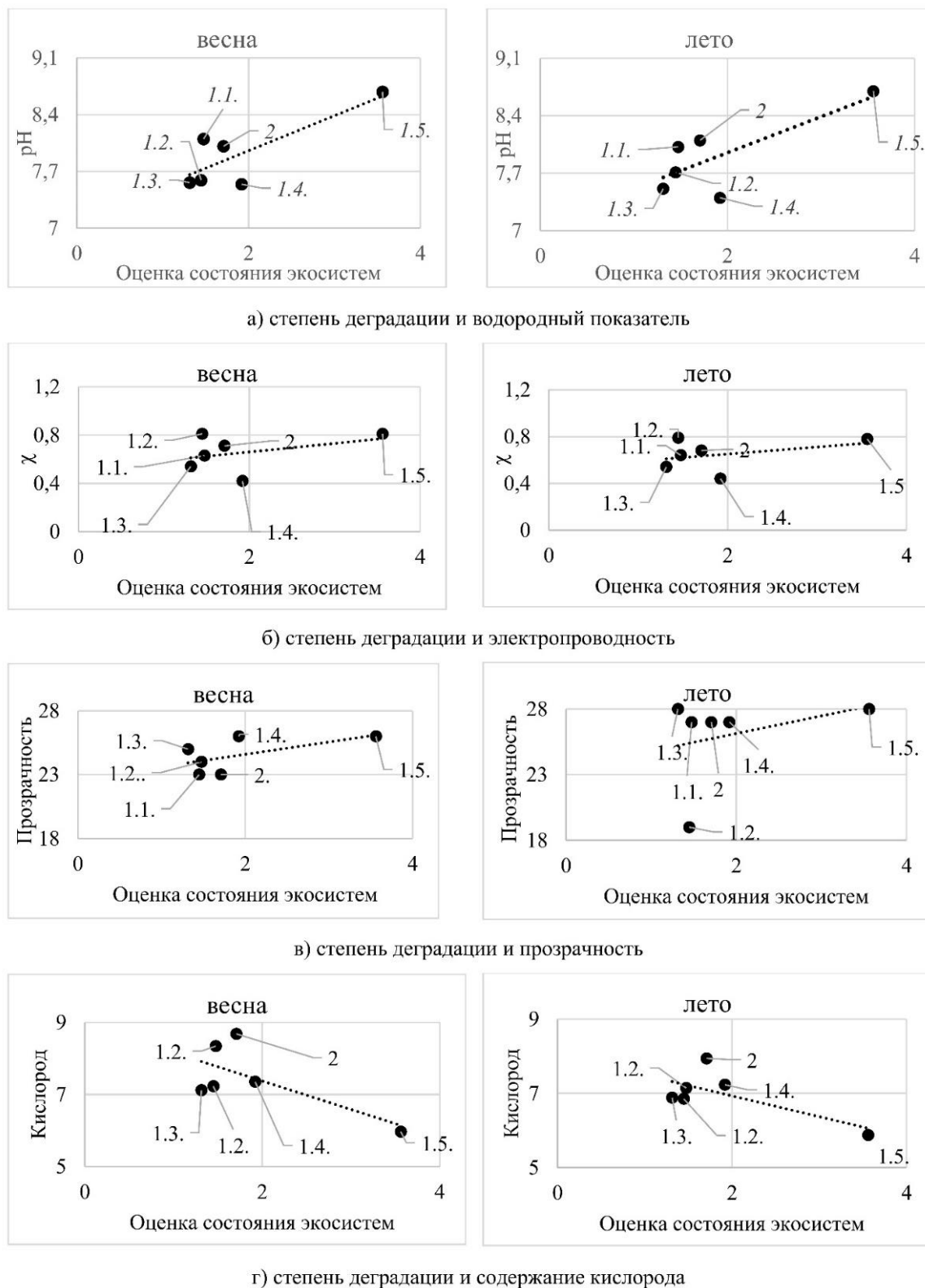


Рис. 4. Степень деградации и водородный показатель в ручьях на выходе из экосистем водосборных бассейнов «Черняевского леса» (курсивом обозначены номера водосборных бассейнов)

Fig. 4. The degradation degree and hydrogen index in streams at the outlet of the ecosystems of the 'Chernyaevsky Forest' watersheds (italicized are watershed numbers)

Экология и природопользование
Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Изменение водородного показателя также может быть связано с изменением количества минеральных солей в водах водотоков. На графике взаимозависимости степени деградации экосистем и электропроводности (рис. 4б) мы видим такую же картину, как при исследовании зависимости деградации экосистем и водородного показателя. Электропроводность с повышением значения деградации увеличивается. В точке с наивысшим показателем деградации электропроводность имеет наивысшее значение.

Наименьшее значение электропроводности наблюдается в водотоках водосбора 1.4. Возможно, воды на этом участке сами по себе менее минерализованы, чем в других участках «Черняевского леса», или воды ручья № 2 менее минерализованы в силу преобладания атмосферного питания.

Однозначной зависимости между степени деградации экосистем и прозрачностью, концентрацией кислорода выявлено не было, но отмечены некоторые тренды. Так, концентрация кислорода при деградации системы снижается (рис. 4г). Прозрачность при увеличении деградации повышается, при этом более интенсивные изменения происходили в летний период (рис. 4в). Противоречивость последнего, скорее всего, обусловлена, с одной стороны, недостаточным количеством точек для построения более объективной линии тренда, с другой стороны, явным отклонением водосбора 1.5 с высокой степенью деградации экосистем от остальных точек, что повлияло на искажение линии тренда.

На экосистемы «Черняевского леса» влияет близость жилой застройки и рекреация. Влияние проявляется в увеличении водородного показателя и электропроводности. С увеличением нагрузки водная среда становится более щелочной, а также повышается концентрация минеральных солей.

Оценить влияние инфраструктуры можно на примере створов № 9 (р. Костянка, 1326 м от истока) и № 14 (водоем со стороны ул. Встречной). Два эти створа располагаются на одном водотоке, но разделены автодорогой (ул. Встречная). Так как весной и осенью вода в створе № 14 отсутствовала, сравним показатели летнего периода. Так как графики (рис. 4а, б) показали прямую зависимость водородного показателя и электропроводности от состояния экосистем, в сравнении створов 9 и 14 используем эти показатели. В наиболее подверженном антропогенной нагрузке створе электропроводность и водородный показатель должны быть выше. Это наблюдается в створе № 9, который находится за границей «Черняевского леса», после прохождения водотоком автодороги. Кроме этого, по сравнению со створом № 14 наблюдается потепление воды на 2 °С.

При сравнении с другими работами, посвященными изучению малых рек по аналогичным показателям, выяснено, что наиболее репрезентативными показателями были pH и электропроводность. Они могли изменяться в зависимости от времени года, а также в местах сбросов. В случае водотоков «Черняевского леса» такая закономерность тоже наблюдается.

При исследовании водотоков «Черняевского леса» наибольшая электропроводность выявлена в створах № 1, 2, 3, 6, 11. Створы 3, 6, 11 располагаются вблизи границ ООПТ и подвергаются наибольшей антропогенной нагрузке предположительно в виде загрязненного смыва с ближайших автодорог. По другим показателям в этих створах статистически обнаружены отклонения от средних значений, но створы № 1 и 2 территориально находятся в более благоприятной обстановке. Вероятно, что на створы оказывает влияние рекреация, т.к. вблизи них располагается множество рекреационных объектов и троп.

Заключение

Состояние всех обследованных водотоков ООПТ «Черняевский лес» соответствует нормативным как рыбохозяйственным, так и санитарно-гигиеническим требованиям.

Превышения значений показателей над фоновыми отмечены в створах, располагавшихся у границ ООПТ, а также в местах наиболее интенсивной рекреации (створы № 1, 6, 10). Наибольшее количество отклонений от средних значений показателей также обнаружено в створах, соседствующих с городской застройкой и рекреационными объектами.

Наиболее показательной оказалась оценка при комбинировании двух методов сравнения – статистического и фоновых значений, так как оценка по рыбохозяйственным и санитарно-гигиеническим нормативам не дает полного представления об изменениях качества водотоков «Черняевского леса», но она применима при сравнении с другими водотоками.

Общая степень деградации экосистем водосборных бассейнов «Черняевского леса» изменяется от средней до очень слабой. Деградация вызвана рекреационной нагрузкой и близким расположением к объектам городской инфраструктуры. Выявлена зависимость между степенью деградации лесных экосистем и показателями pH и электропроводности: при увеличении степени деградации pH и электропроводность увеличиваются.

Обследование показало, что экосистемы подвержены антропогенному воздействию в виде вытаптывания растительности и захламления пойм. Также в результате маршрутного обследования установлено, что значительная часть стока водотоков южной части территории поступает непосредственно с жилой зоны. Поэтому на данных участках негативное воздействие наиболее комплексное и требует выполнения мониторинговых гидрохимических и экосистемных исследований. Это позволит увеличить количество значений для построения более точных статистических зависимостей физико-химических параметров от уровня деградации природной среды.

Экология и природопользование

Сыстерова А.В., Борисов А.А.

Библиографический список

1. Алексеевский Н.И. Концепция геостока и состояние малых рек // Эрозионные и русловые процессы: Межвузовский научно-координационный совет по проблеме эрозии, русловых и устьевых процессов при МГУ. 2000. Вып. 3. С. 68–77. EDN: WHYTUN
2. Алентьев Ю.Ю. Экспресс-оценка экологического состояния малых рек на примере реки малая Истра // Сергеевские чтения: геоэкологические аспекты реализации национального проекта «Экология». Диалог поколений: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН). 2020. Вып. 22. С. 339–342. EDN: ENCDOZ
3. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 020804 – геоэкология / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с. ISBN: 5-9571-0249-0 EDN: QKHSBH
4. Антропогенная трансформация экосистем на особо охраняемой природной территории «Черняевский лес» / С.А. Бузмаков [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12 (131). С. 173–175. EDN: OWSLPJ
5. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 516 с. ISBN: 978-5-905906-75-6
6. Бузмаков С.А. Методические указания «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» // Географический вестник. 2011. № 2 (17). С. 49–59. EDN: OALKXXV
7. Бузмаков С.А., Воронов Г.А., Андреев Д.Н. Роль ООПТ «Черняевский лес» в г. Перми // Географический вестник. 2013. № 1 (24). С. 87–95. EDN: QILMCF
8. Бузмаков С.А., Кувшинская Л.В., Жекин А.В. Оценка современного состояния особо охраняемой природной территории «Черняевский лесопарк г. Перми» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 1-3. С. 408–413. EDN: LMAWXB
9. Васильева Е.Ю., Буравлева В.П. Таксономическое разнообразие бентофауны ручья Светлого и оценка его экологического состояния // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. 2015. Т. 1. С. 329–332. EDN: VUZALH
10. Водные объекты и их роль в формировании экологической обстановки города Перми: учебное пособие для учителей средних учебных заведений, студентов вузов / С.А. Двинских [и др.]. Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Пермский гос. ун-т». Изд. 2-е, перераб. и доп. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2008. 174 с. ISBN: 978-5-7944-1200-0 EDN: QKNHFX
11. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. М.: Международный социально-экологический союз, 2000. 148 с. ISBN: 5-88587-140-X EDN: UDGHSF
12. Двинских С.А., Зуева Т.В., Зеленина Е.С. Комплексная эколого-гигиеническая характеристика как основа для благоустройства лесопарковой зоны городских территорий // Здоровье семьи – 21 век. 2011. № 3 (3). С. 3. EDN: PCQZWT
13. Кувшинская Л.В., Андреев Д.Н. Структура почвенного покрова ООПТ «Черняевский лесопарк г. Перми» // Географический вестник. 2009. № 1 (9). С. 64–68. EDN: NDARQZ
14. Новые экосистемы: Теоретические и управленческие аспекты нового экологического мироустройства / Р.Дж. Хоббс [и др.] // Глобальная экология и биогеография. 2006. № 15. С. 1–7. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x> (дата обращения: 01.02.2024) DOI: 10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x
15. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 22 августа 2023 года): приказ М-ва сельского хозяйства Рос. Федерации от 13.12.2016 № 552. Доступ из электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 01.02.2024)
16. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 28.01.2021 № 2. Доступ из электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.02.2024)
17. Овеснов С.А., Ефимик Н.Г., Молганова Н.А. Антропогенная трансформация экосистем городских лесов г. Перми // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 157–159. EDN: ZUJVLX
18. Оценка влияния городских снегоотвалов на загрязнение малых рек и прилегающих территорий / Т.В. Носкова [и др.] // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2015. № 2 (37). С. 10–15. EDN: UCDSST
19. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2002. 114 с. EDN: FMJFDX
20. Physico-chemical and bacteriological characterisation of surface water in Bamenda (North West Cameroon) / M.M. Alice [et al.] // Applied Water Science. 2021. No. 11. P. 1–13. DOI: 10.1007/s13201-021-01512-3 EDN: CARNIB21
21. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure / J.W. Christopher [et al.] // Journal of the North American Benthological Society. 2005. No. 24. P. 706–723. DOI: 10.1899/0887-3593(2005)024

References

1. Alekseevsky, N. I., (2000). The concept of geostock and the state of small rivers, *Erosion and channel processes. Interuniversity Scientific Coordination Council on the problem of erosion, channel and estuary processes at MSU*, 3, pp. 68–77.
2. Alentiev Yu.Yu. (2020). Express-evaluation of the ecological state of small rivers on the example of the river small Istra. In: PFUR (Peoples' Friendship University of Russia), Sergeev readings: geo-ecological aspects of the realization of the national project "Ecology". Dialogue of generations: Proceedings of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology (Issue 22). Moscow, pp. 339–342.
3. Petin, A.N., Lebedeva, M.G. and Krymskaya O.V. (2006). Analysis and assessment of surface water quality: textbook. Belgorod: BelSU Publishing House.
4. Buzmakov, S.A., Andreev, D.N., Zaitsev, A.A. (2011). Anthropogenic transformation of ecosystems in the specially protected natural area "Chernyaev forest". Bulletin of the Orenburg State University, 12(131), pp. 173–175.
5. Buzmakov, S. A. ed., (2017). Atlas of specially protected natural territories of Perm Krai. Perm: Aster.
6. Buzmakov, S.A., Ovesnov, S.A., Shepel, A. I., Zaitsev, A.A. (2011). Methodological guidelines "Ecological assessment of the state of specially protected natural territories of regional significance". *Geographical Bulletin*, No2(17), pp. 49–59.

Экология и природопользование

Сыстерова А.В., Борисов А.А.

7. Buzmakov, S.A., Voronov, G.A., Andreev, D.N. (2013). The role of the protected area "Chernyaev forest" in Perm. *Geographical bulletin*, No1(24), pp. 87–95.
8. Buzmakov, S.A., Kuvshinskaya, L.V., Zhekin, A.V. (2009). Assessment of the current state of the specially protected natural area "Chernyaev Forest Park of Perm". *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 11(1-3), pp. 408–413.
9. Vasilyeva, E.Y., Buravleva, V.P. (2015). Taxonomic diversity of benthic fauna of the Svetly stream and assessment of its ecological state. *Ecology and scientific and technological progress: Urbanistics*. No1, pp. 329–332.
10. Dvinsky, S. A. ed. (2008). Water bodies and their role in the formation of the ecological situation of the city of Perm: a textbook for teachers of secondary educational institutions, university students, 2nd edition, Perm: Perm State University.
11. Guseva, T.V., Molchanova, Y.P., Zaika, E.A. (2000). Hydrochemical indicators of the environment: Reference materials. Moscow: International Socio-Ecological.
12. Dvinskikh, S.A., Zueva, T.V., Zelenina, E.C. (2011). Complex ecological and hygienic characteristics as a basis for the improvement of the forest park zone of urban territories. *Family health - 21st century*, 3(3), p.3.
13. Kuvshinskaya, L.V., Andreev, D. N. (2009). The structure of the soil cover of the protected area "Chernyaev forest park of Perm". *Geographical bulletin*, No1(9), pp. 64–68.
14. Hobbs R.J., Arico S., Aronson J., Baron J.S., Bridgewater P., Cramer V.A., Epstein P.R., Ewel J.J., Klink C.A., Lugo A.E., Norton D., Ojima D., Richardson D.M., Sanderson E.W., Valladares F., Vilà M., Zamora R., Zobel M., (2006). Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Global Ecology and Biogeography*. 15(1), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x>.
15. On approval of water quality standards for water bodies of fisheries importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries importance, (Order No. 552 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on 13 December 2016). [online] Available at: <<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201701160006>> [Accessed 02 April 2024].
16. On approval of Sanitary Rules and Regulations 1.2.3685-1 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans", (Resolution No.2 of the Chief State sanitary doctor of the Russian Federation on 28 January 2021). [online] Available at: <<https://docs.cntd.ru/document/573500115>> [Accessed 02 April 2024].
17. Noskova, T.V., Eirikh, S.S., Ovcharenko, E.A. (2015). Assessment of the impact of urban snow dumps on pollution of small rivers and adjacent territories. *Izvestiya Altaiskogo secession of the Russian Geographical Society*, 2(37), pp. 10–15.
18. Ovesnov, S.A., Efimik, E.G., Molganova, N.A. (2017). Anthropogenic transformation of ecosystems of urban forests of Perm. *Anthropogenic transformation of the natural environment*, No3, pp. 157–159.
19. Tkachev B.P., Bulatov V. I. (2002). Small rivers: current state and environmental problems. *Ecology. Series of analytical reviews of world literature*, 64. pp. 1–114.
20. Physico-chemical and bacteriological characterisation of surface water in Bamenda (North West Cameroon) / M.M. Alice [et al.] // *Applied Water Science*. 2021. №11. P. 1–13. doi: 10.1007/s13201-021-01512-3.
21. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search For A Cure / J. W. Christopher [et al.] // *Journal of the North American Benthological Society*. 2005. №24. P. 706–723. doi: 10.1899/0887-3593(2005)024[0706:TUSSCK]2.0.CO;2.

Статья поступила в редакцию: 10.04.24, одобрена после рецензирования: 17.06.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 10 April 2024; approved after review: 17 June 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Александра Валерьевна Сыстерова

студент магистратуры, кафедра биогеоэкологии и охраны природы Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: Systerova-alexandra@yandex.ru

Александр Александрович Борисов

кандидат технических наук, научный сотрудник, Камский филиал, Российский НИИ комплексного использования и охраны водных ресурсов; 614002, Россия, Пермь, ул. Николая Островского, 113

e-mail: borissoff@mail.ru

Information about the authors

Alexandra V. Systerova

Master's Student, Department of Biogeocenology and Nature Conservation, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

Alexander A. Borisov

Candidate of Technical Sciences, Researcher, Kama Branch of the Russian Research Institute for the Integrated Use and Protection of Water Resources; 113, Nikolaya Ostrovskogo st., Perm, 614002, Russia

Вклад авторов

Сыстерова А.В. – сбор материала, написание статьи, обработка материала, работа с ГИС, создание карт.

Борисов А.А. – сбор материала, обработка материала, научное редактирование.

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

Contribution of the authors

Alexandra V. Systerova – collection of the materials; writing of the article; data processing; work with GIS; creation of the maps.

Alexander A. Borisov – collection of the materials; data processing; scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 910.3:504.436(470.325)

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-176-187

EDN: UKKEEP

**РЕКРЕАЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ РОДНИКОВ,
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В РЕГИОНАЛЬНУЮ СЕТЬ ООПТ
(НА ПРИМЕРЕ НОВООСКОЛЬСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)****Лариса Леонидовна Новых¹, Галина Александровна Орехова², Лариса Владимировна Марциневская³,
Елена Михайловна Гайденок⁴, Александр Борисович Соловьев⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия¹ novykh@bsu.edu.ru² ga-li-na@mail.ru³ martsinevskaya@bsu.edu.ru⁴ lopina@bsu.edu.ru⁵ solovev@bsu.edu.ru

Аннотация. Исследование посвящено совершенствованию сети особо охраняемых природных территорий Белгородской области, обоснованию перспективности включения родников в разряд памятников природы регионального значения. Целью являлось определение рекреационной привлекательности родников Новооскольского района Белгородской области, перспективных для отнесения к памятникам природы регионального значения. В настоящее время на территории изучаемого района нет родников-памятников природы регионального значения. В исследовании применены разнообразные методы: экспедиционный, опросный, описание, измерение, картографический, математико-статистический, сравнительный анализ. Использованы методики определения соответствия родников критериям памятников природы регионального значения, рекреационной оценки родников, оценки пейзажной выразительности, рекреационной привлекательности родников. Среди родников района выявлено семь объектов, которые имеют характеристики, представляющие интерес для отнесения их к памятникам природы, однако для некоторых отмечены явления деградации (снижение дебита). Детальное рассмотрение позволило выделить среди них группу из трех родников, в полной мере отвечающих критериям памятников природы либо по экологической ценности, либо по культурной (религиозной или исторической). Эти родники характеризуются средней пейзажной выразительностью, средней или высокой рекреационной оценкой и средней рекреационной привлекательностью. Такие источники могут использоваться в туристско-рекреационной деятельности, но проблема в том, что они требуют существенных вложений. Максимальный вклад в оценку рекреационной привлекательности родников вносит их санитарно-экологическое состояние. По уровню природной и культурно-познавательной привлекательности, инфраструктуре и благоустройству эти родники не характеризуются высокими оценками. Установлена тесная связь между двумя параметрами: рекреационной оценкой родников и уровнем рекреационной привлекательности родников.

Ключевые слова: родники, Новооскольский район, памятники природы, рекреационная оценка, пейзажная выразительность, рекреационная привлекательность

Для цитирования: Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайденок Е.М., Соловьев А.Б. Рекреационная привлекательность родников, перспективных для включения в региональную сеть ООПТ (на примере Новооскольского района Белгородской области) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 176–187. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-176-187. EDN: UKKEEP



RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-176-187

EDN: UKKEEP

RECREATIONAL ATTRACTIVENESS OF SPRINGS HAVING PROSPECTS FOR INCLUSION
IN THE REGIONAL NETWORK OF PROTECTED AREAS
(THE CASE OF THE NOVOOSKOLSKY DISTRICT OF BELGOROD OBLAST)Larisa L. Novykh¹, Galina A. Orekhova², Larisa V. Martsinevskaya³, Elena M. Gajdenko⁴, Alexander B. Solovyov⁵^{1, 2, 3, 4, 5} Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia¹ novykh@bsu.edu.ru² ga-li-na@mail.ru³ martsinevskaya@bsu.edu.ru⁴ lopina@bsu.edu.ru⁵ solovev@bsu.edu.ru

Abstract. The study deals with the problem of improving the network of specially protected natural areas of Belgorod Oblast and justifies the prospects for referring local springs to the category of natural monuments of regional significance. The aim was to determine the recreational attractiveness of the springs in the Novooskolsky District of Belgorod Oblast that appear to have prospects for being classified as natural monuments of regional significance. Currently, there are no natural springs of regional significance in the area. The study employed a variety of methods: expeditions, surveys, description, measurement, cartographic and mathematical-statistical methods, comparative analysis. There were used methodologies intended for determining the compliance of springs with the criteria for natural monuments of regional significance, recreational assessment of springs, evaluation of landscape expressiveness and recreational attractiveness of springs. Among the springs of the region were identified seven objects with properties that can be regarded as characteristic of natural monuments. However, for some of them, degradation phenomena (decrease in the production rate) were noted. A detailed examination made it possible to single out a group of three springs that fully meet the criteria of natural monuments in terms of either environmental value or cultural (religious or historical) value. These springs are characterized by medium landscape expressiveness, medium or high recreational rating, and medium recreational attractiveness. Such springs can be used in tourist and recreational activities, but the problem is that they require significant investments. The sanitary-ecological condition of the springs makes the main contribution to the assessment of their recreational attractiveness. In terms of natural and cultural-educational attractiveness, infrastructure, and improvements made, these springs are not characterized by high ratings. The study established a close relationship between two parameters: recreational assessment and the level of recreational attractiveness of springs.

Keywords: springs, Novooskolsky District, natural monuments, recreational assessment, landscape expressiveness, recreational attractiveness

For citation: Novykh, L.L., Orekhova, G.A., Martsinevskaya, L.V., Gaidenko, E.M., Solovyov, A.B. (2025). Recreational attractiveness of springs having prospects for inclusion in the regional network of protected areas (the case of the Novooskolsky District of Belgorod Oblast). *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 176–187. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-176-187. EDN: UKKEEP

Введение

Одним из актуальных направлений геоэкологической науки является разработка вопросов совершенствования сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в разных регионах России, о чем свидетельствуют разнообразные публикации [1, 14].

В течение ряда лет авторы занимаются вопросами совершенствования существующей сети рекреационных и особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Белгородской области на основе научно-обоснованного подхода. Рассмотрены экологическое состояние и перспективы использования рекреационных зон Белгорода [6]. В настоящее время среди памятников природы Белгородской области по численности лидируют родники. Представленная статья продолжает серию публикаций, посвященных родникам, перспективным для включения в региональную сеть ООПТ. Началом таких работ в Белгородской области можно считать 2010 г., когда авторами было рассмотрено соответствие родников критериям памятников природы для тех районов области, где «родники-памятники природы» отсутствуют [8].

В словарях встречаются различные варианты понятия «родник». В ГОСТе 30813–2002 [2] оно трактуется как «естественный сосредоточенный выход подземной воды на поверхность земли». Понятия «источник», «родник» и «ключ» часто употребляются как синонимы, т.е. не имеют четкого разграничения. В то же время в «Толковом словаре русского языка» указывается, что источник представляет собой водную струю и может быть целебным, горячим или минеральной воды [15]. Для Белгородской области характерны выходы на поверхность пресных вод преимущественно небольшого дебита, поэтому правильнее называть их родниками.

*Рекреационная география и туризм**Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.*

В области интерес к родникам связан с тем, что хозяйственно-питьевое, промышленное, сельскохозяйственное водоснабжение региона обеспечивается подземными водами. Им же принадлежит и важная роль в питании рек или ручьев. Родники представляют интерес для рекреационной деятельности, имеют природоохранное значение [13].

Питьевое значение родниковых вод в настоящее время нельзя оценить однозначно: все чаще появляются публикации о том, что качество родниковых вод ухудшается и многие из них нельзя использовать для питьевого водоснабжения [16]. Такая ситуация наблюдается и в других регионах мира [18–20], причем деградация охватывает как качество родниковых вод, так и расход родников, поэтому для многих родников актуальна угроза исчезновения. Современные антропогенные воздействия, приводящие к истощению и загрязнению подземных вод, часто превышают пределы толерантности, особенно эндемичных или редких видов. Звучит призыв к улучшению глобального управления родниками в связи с их ключевой экологической функциональностью в ландшафтах и исключительной культурной и социально-экономической ценностью.

При анализе зарубежных источников следует учитывать, что представленные работы посвящены в основном изучению крупных источников карстового или трещинного типа [17, 23], поэтому их выводы не всегда соответствуют небольшим родникам, типичным для Белгородской области.

В последние годы в области наблюдается тенденция снижения хозяйственно-питьевого значения родников и нарастания их рекреационного использования. Отнесение родников к памятникам природы обусловлено в основном их ландшафтным значением.

Согласно [23], общая экономическая ценность природных ресурсов включает потребительскую ценность (например, рекреационную) и неиспользованную ценность (например, ценность существования). Исследования, проведенные во Флориде, показывают, что посетители источников согласны заплатить 12–14 долларов сверх своих текущих расходов на поездки, чтобы сохранить источники.

По представлениям [22], критериями ценности родников, за которые население согласно дополнительно платить, являются: доступность; возможность использования в качестве источника воды; пригодность в качестве среды обитания для видов, нуждающихся в охране; эстетика; значимость для коренных народов. При этом атрибут среды обитания дает самый высокий показатель.

По мнению [21], родники повышают геотуристический потенциал территории, который оценивается не только по параметрам самого родника, но и по вовлеченности объекта в локальную рекреационную программу. Такая программа включает доступность, обустроенность родника, проведение мониторинга природных вод, значимость объекта для местного населения. Очевидно, что критерии перекликаются с рассмотренными ранее.

Целью представленного исследования являлось определение рекреационной привлекательности родников Новооскольского района Белгородской области, которые могут быть перспективными для включения в региональную сеть ООПТ.

Материалы и методы

Основы современной сети ООПТ Белгородской области были заложены в 1991–1995 гг., когда появились нормативно-правовые документы с перечнем охраняемых объектов, среди которых числилось 105 родников. В 2017 г. было утверждено «Постановление правительства Белгородской области № 269-пп» [12], в котором названы 83 родника, относящиеся к памятникам природы регионального значения.

Почему обсуждается именно Новооскольский район? Выбор обусловлен тем, что до сих пор на его территории отсутствуют родники в статусе памятников природы регионального значения, хотя еще в 2010 г. нами были проведены исследования, показавшие, что на территории района есть объекты, соответствующие такому статусу [8]. Однако до сих пор вопросы научно обоснованного отнесения родников к памятникам природы регионального значения для Новооскольского района актуальны и требуют решения.

На рис. 1 представлена картограмма количества региональных памятников природы-родников по районам или городским округам Белгородской области.

Преобладает группа территорий с числом охраняемых родников от 1 до 5. Лидируют районы, где их число равно 4: таких районов 5, что составляет 24 % от числа районов в области. В Ровеньском районе число охраняемых родников равно 6, в Яковлевском – 14, в Красногвардейском – 15.

Но на картограмме есть и два «белых пятна», где охраняемые родники отсутствуют: на северо-западе области такое «пятно» образуют два административных района – Краснояружский и Ракитянский, а в центре области – Новооскольский.

Обращает на себя внимание тот факт, что в соседних районах – Новооскольском и Красногвардейском – число охраняемых родников резко отличается: либо равно нулю, либо максимально (в настоящее время – 15). Территории этих соседних районов существенно не различаются по своим природным особенностям, следовательно, можно предполагать, что при составлении перечня охраняемых родников в разных районах области использовались неодинаковые критерии, поэтому существующий список родников-памятников природы, несмотря на его обновление в 2016 г., требует уточнения.

Новооскольский район расположен в центральной части области, в зоне лесостепи, на границе Осколо-Северско-Донецкого и Потуданско-Тихососненского физико-географических районов [3]. В 2008–2009 годах нами на его территории было описано 35 родников и проведена их оценка на соответствие критериям

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайденко Е.М., Соловьев А.Б.

памятников природы регионального значения по методике ученых Московского государственного геологоразведочного университета или в соответствии с подходами, отраженными в Постановлении правительства Москвы от 30.05.2000 № 399 [16]. Позже (2016–2020 гг.) нами были проведены мониторинговые обследования родников области, в том числе и родников Новооскольского района, осуществлена их рекреационная оценка и оценка пейзажной выразительности в их окрестностях. В 2023–2024 гг. в связи с появлением методики оценки рекреационной привлекательности вновь было проведено полевое обследование родников района и добавлено определение названного параметра.

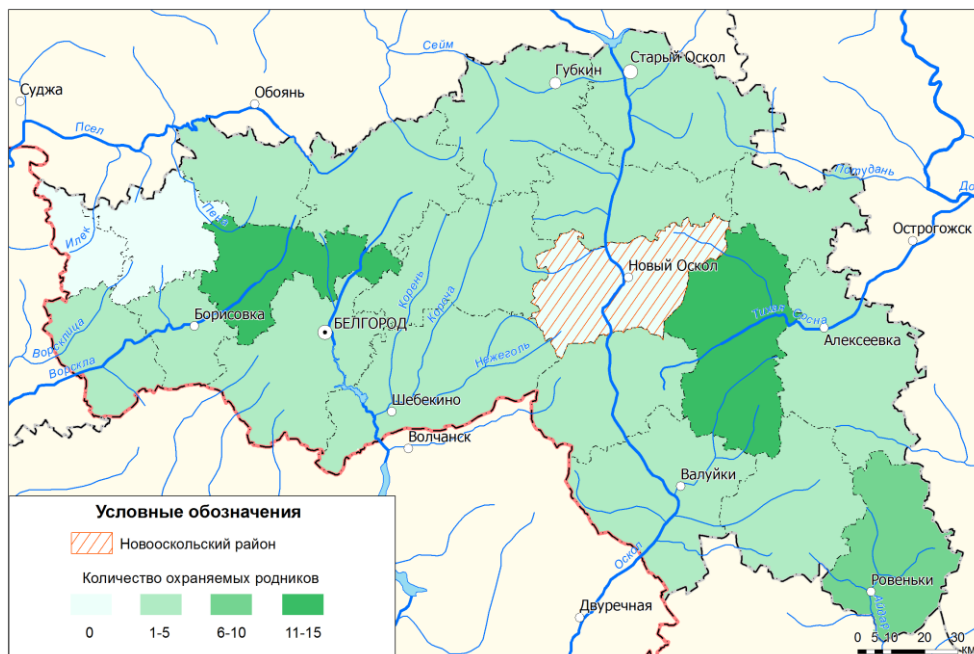


Рис. 1. Картограмма количества родников-памятников природы регионального значения в административных районах и городских округах Белгородской области

Fig. 1. Cartogram of the number of springs being natural monuments of regional significance in administrative and urban districts of Belgorod Oblast

В данном исследовании рассматривается 7 родников, перспективных для включения в группу памятников природы регионального значения. Полевое обследование включало обновление паспортов родников, отбор проб и определение основных загрязнителей родниковых вод, проведение различных оценок рекреационной значимости родников. Основными методами исследования являлись экспедиционный, опросный, описание, измерение, картографический, математико-статистический, сравнительный анализ.

При изучении рекреационной значимости родников использован ряд конкретных методик:

- определения соответствия родников критериям памятников природы регионального значения [16]. Подробный пример применения методики представлен в работе [8];
- рекреационной оценки родников, разработанной на кафедре географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности НИУ «БелГУ». Характеристика системы оценки и шкалы рассмотрены в работе [9];
- оценки пейзажной выразительности [5]. Предложенная авторами шкала подробно обсуждена нами в [9, 10]. Для интерпретации результатов весь интервал итоговых оценок (в баллах) был разделен нами на пять частей: очень низкая (1–6 б.), низкая (7–12 б.), средняя (13–18 б.), высокая (19–24 б.), очень высокая (25–30 б.);
- оценки туристско-рекреационного потенциала родников (рекреационной привлекательности) [4]. Некоторые особенности применения данной методики рассмотрены в работе Г.А. Ореховой [10].

Математико-статистическая обработка результатов включала определение тесноты корреляционной связи между различными оценками.

Результаты и обсуждение

Методика оценки соответствия родников критериям памятников природы, разработанная В.М. Швеца с соавторами [16], была использована нами ранее при изучении родников ряда районов Белгородской области (Белгородский, Борисовский, Красненский, Краснояружский, Новооскольский, Прохоровский, Ракитянский). Опыт ее применения показал, что применение методики осложняется недостаточной однозначностью рекомендуемых критериев. Например, сложно установить четкую грань между ценным природным значением родника и его важным экологическим значением; нет и критериев для оценки уникальности отдельных родников.

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.

В то же время, согласно Федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях», памятники природы – это «уникальные, невосполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения» [11, с. 25]. В данной формулировке названы 4 критерия, которые в полной мере можно отнести к родникам: экологическая, научная, культурная и эстетическая ценность. Культурная ценность понимается нами в широком смысле, т.е. включает традиционно высокое историческое, культурное или религиозное значение родника.

Самым сложным из оцениваемых параметров является эстетическая ценность. С одной стороны, красота – это субъективное понятие, т.е. каждый человек воспринимает ее по-разному: для одних красота заключается в гармонии, балансе и симметрии, для других – в уникальности и индивидуальности [7]. С другой стороны, этот параметр может быть изменен при обустройстве родника. Есть природные родники, которые вызывают восторг своей красотой, несмотря на отсутствие обустройства. Но есть и такие родники, которые привлекают именно эстетикой обустройства.

Исходя из названных особенностей критериев, в качестве основных при выделении памятников природы следует рассматривать первые три: экологическую, научную, культурную ценность. Эстетическая ценность из-за ее субъективности может усиливать основные критерии, но не выступать в качестве основного.

В 2010 г. при использовании методики [16] перспективными для включения в разряд памятников природы Новооскольского района считались 12 объектов (10 родников и 2 родниковых поля). Решающие факторы выделения (экологическая и культурная ценность) были отмечены для 5 родников [8]. По итогам исследования 2023 г. число перспективных объектов составило 7. Перечень этих объектов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Родники – объекты исследования

Springs under study

№ на карте	Название родника и его местоположение	Предположительный критерий отнесения к памятникам природы
1	«Святой источник», с. Голубино	Культурная ценность (культурное и религиозное значение)
2	«Егоровский», окрестности с. Солонец Поляна	Культурная ценность (религиозное значение)
3	с. Старая Безгинка	Экологическая ценность
4	«Святой источник Параскевы Пятницы», с. Старая Безгинка	Экологическая ценность, культурная ценность (религиозное значение), эстетическая ценность
5	с. Богородское	Экологическая ценность
6	«Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка», между селами Гриневе и Ендовино	Культурная ценность (историческое значение)
7	«Слоновский колодчик», с. Слоновка	Экологическая ценность, культурная ценность (религиозное значение)

Анализ обоснованности каждого из критериев для конкретного родника показал, что не для всех родников критерии выполняются в полной мере. Так, несмотря на название «Святой источник» (№ 1), речь идет, по-видимому, только об освященном роднике, т.к. никаких легенд или преданий об явлении в роднике иконы не обнаружено. Культурную ценность представляет в целом рекреационная зона с. Голубино, но не сам родник.

В обустройство «Егоровского» родника (№ 2) в настоящее время вложены значительные средства: он оснащен длинной деревянной лестницей, значительно облегчающей доступ к роднику, есть икона с ликом Георгия Победоносца, столик для богослужения. Казалось бы, вот оно – религиозное значение родника! Но объект в настоящее время перестает быть родником: вследствие низкого дебита воду можно набрать только с глубины, используя ведро, т.е. выхода подземных вод на поверхность нет.

Родник в с. Богородское ранее имел два крупных выхода с высоким суммарным дебитом. Но в настоящее время дебит заметно снизился и составляет около 1 л/с. Вода в заводи цветет. Поэтому экологическая ценность его существенно понизилась.

В 2017 г. в Интернете появились сообщения и ролики о сооружении обустроенного родника в с. Слоновка. На их основе мы предположили экологическую и культурную ценность указанного родника, в частности его религиозное значение. Обследование 2023 г. показало, что родник относится к среднедебитным, но его экологическая ценность снижается вследствие близкого расположения возделываемых полей. В августе 2023 г. содержание нитратов в воде составило 0,9 ПДК, что свидетельствует о возможности угрозы загрязнения и необходимости проведения мониторинговых исследований. Религиозное значение родника также понижено вследствие его «географического положения»: в непосредственной близости от родника находится пляж, а отдыхающие используют сруб родника в качестве лежака. В такой ситуации оправление религиозных обрядов становится проблематичным.

Таким образом, на территории района в полной мере соответствуют критериям памятников природы регионального значения три родника:

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.

Во-первых, родник на реке Тихий Усердец в с. Старая Безгинка (№ 3), имеющий высокий дебит (более 10 л/с). Родник образует единый комплекс с расположенным выше парком;

Во-вторых, «Святой источник Параскевы Пятницы» (№ 4), который находится также в с. Старая Безгинка в пешей доступности от родника, описанного ранее. Дебит высокий – более 10 л/с. По преданию, здесь была явлена икона Великомученицы Параскевы Пятницы. Комплекс сооружений включает: деревянный сруб, мостки через родниковый ручей, открытую купель в форме креста, раздевалку и отдельно стоящую беседку со столом и лавочками. Выше по рельефу располагается небольшая стела религиозного характера (с иконой и крестом). Использование культовое. В наши дни на праздник Крещения проводится богослужение;

В-третьих, «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка» (№ 6). Указатель родника установлен на трассе, а при входе в лесной массив, в котором расположен родник, можно увидеть табличку с изображением самолета. Этот родник малый по дебиту (0,06 л/с). Ранее у него был только непримечательный деревянный сруб, но родник имеет историческую ценность, так как еще в годы войны им пользовались летчики располагавшегося рядом военного аэродрома. Долгие годы ветераны авиаполка, приезжающие на празднование Дня Победы, ухаживали за этим родником. В настоящее время родник полностью переоборудован: появились бетонное кольцо с деревянной крышкой, навес с 2-х скатной крышей, декоративная изгородь-плетень. Вблизи родника построен декоративный блиндаж. Выше по рельефу есть беседка и лавочки для отдыха. На рис. 2 показан внешний вид родников, которые в полной мере отвечают критериям памятников природы.

Рассмотрим различные оценки исследуемых родников, влияющие на уровень перспективности их рекреационного использования. На рис. 3 представлено размещение исследуемых родников и уровень пейзажной выразительности в их окрестностях. Показатель изменяется от 13 до 19 баллов, составив в среднем 15 баллов. Большинство родников имеют среднюю оценку пейзажной выразительности в их окрестностях, за исключением «Слоновского колодца», у которого оценка высокая. Как и ожидалось, наиболее низкие из отмеченных баллов характерны для родников, расположенных в лесах: «Егоровский» и «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка».



Рис. 2. Родники Новооскольского района, перспективные для отнесения к памятникам природы регионального значения: А) родник на реке Тихий Усердец (№ 3) в с. Старая Безгинка; В) «Святой источник Параскевы Пятницы» (№ 4) в с. Старая Безгинка; С) «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка» (№ 6), между селами Гринево и Ендовино

Fig. 2. Springs of the Novooskolsky District that have prospects for being classified as natural monuments of regional significance: A) spring on the Tikhii Userdets River (No. 3) in the village of Staraia Bezginka; B) 'The Holy Spring of Paraskeva Friday' (No. 4) in the village of Staraia Bezginka; C) 'The Spring of Veteran Pilots of the 155th Guards Assault Aviation Regiment' (No. 6) between the villages of Grinevo and Endovino

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.

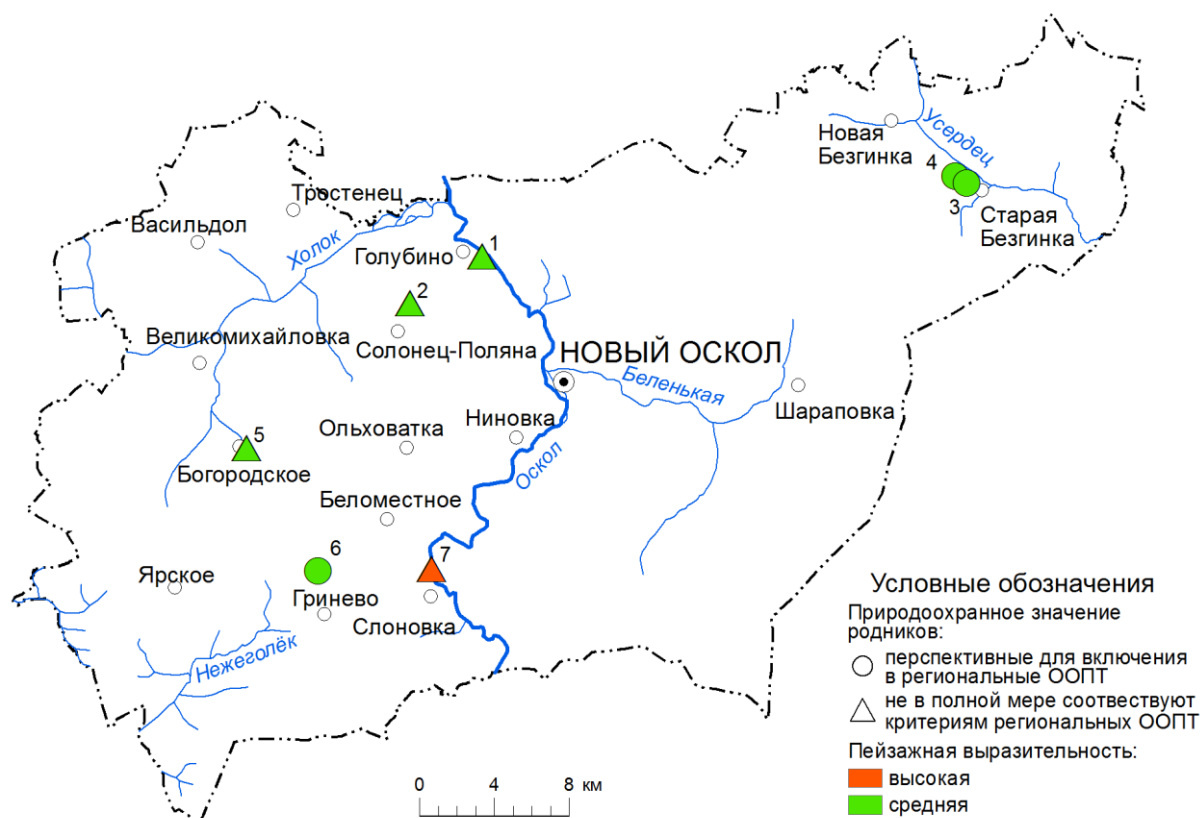


Рис. 3. Размещение исследуемых родников по территории района и уровень пейзажной выразительности в их окрестностях

Fig. 3. Location of the studied springs throughout the region and the level of landscape expressiveness in their vicinity

Повышение уровня оценки пейзажной выразительности «Слоновского колодца» обусловлено близостью размещения р. Оскол, повышающей ценность пейзажа.

На рис. 4 приведены сведения об уровне рекреационной оценки обсуждаемых родников.

Оценки родников изменялись от 3,5 до 8 баллов, т.е. от низкого (родник в с. Богородское, № 5) до высокого (родник в с. Старая Безгинка, № 3; «Святой источник» в с. Голубино, № 1) уровня. Среднее значение показателя составило около 6 баллов, что соответствует среднему уровню.

На рисунке 5 показана оценка рекреационной привлекательности исследуемых родников.

Только один из них – «Святой источник» в с. Голубино» (№ 1) – имеет высокую рекреационную привлекательность, т.к. его оценка составляет 31 балл. В соответствии с классификацией [4], высокая рекреационная привлекательность характеризуется количеством баллов от 30,1 до 40. Это означает, что родник хорошо обустроен, обладает хорошим и развитым туристско-рекреационным потенциалом.

Остальные родники имеют оценку от 21,8 до 29,8 баллов, что соответствует критерию средней рекреационной привлекательности (от 20,1 до 30 баллов). Такие источники могут использоваться в туристско-рекреационной деятельности, но, как правило, требуют существенных вложений.

Если рассмотреть отдельные составляющие оценки рекреационной привлекательности, то лидером по природной привлекательности является родник в с. Богородское (№ 5; 5,7 балла), по культурно-познавательной – «Святой источник» в с. Голубино» (№ 1; 6 баллов). По инфраструктуре выделяются два лидера: названный выше родник № 1 и «Святой источник Параскевы Пятницы» в с. Старая Безгинка (№ 4), имеющие по 6,7 балла. По уровню благоустройства лидирует «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка» между селами Гринево и Ендовино (№ 6; 6,8 балла), по санитарно-экологическому состоянию – родник в с. Старая Безгинка (№ 3; 8,5 балла).

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайденоко Е.М., Соловьев А.Б.

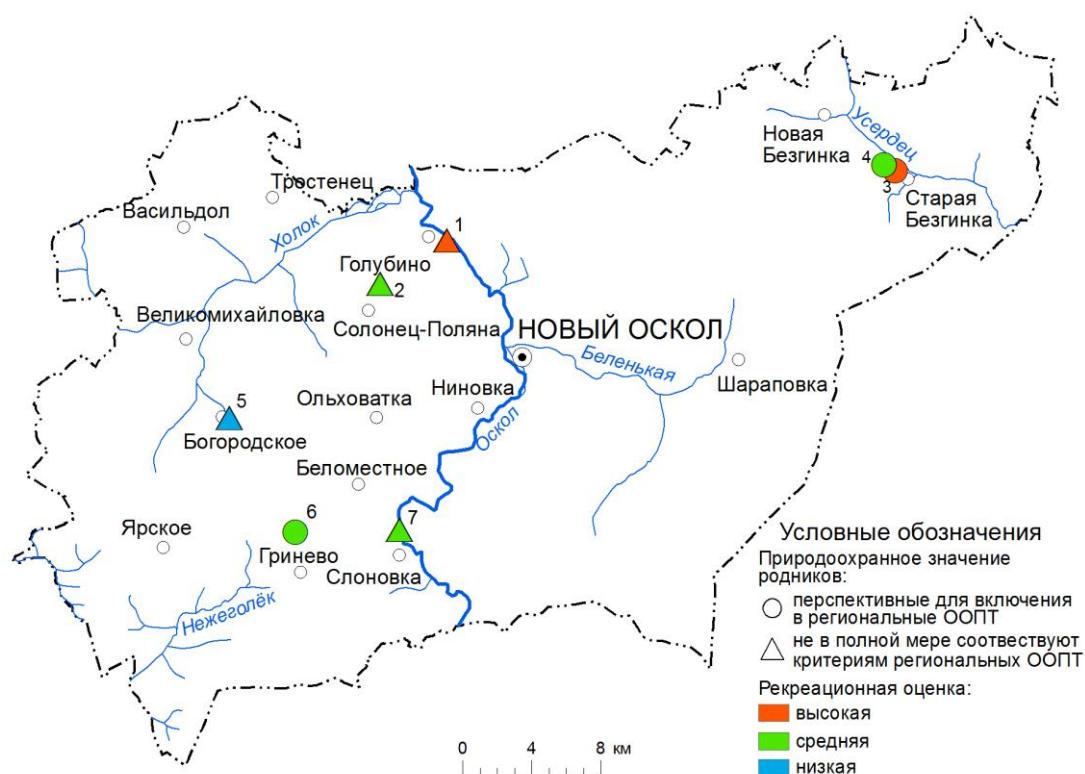


Рис. 4. Рекреационная оценка исследуемых родников Новооскольского района
 Fig. 4. Recreational assessment of the studied springs of the Novooskolsky District

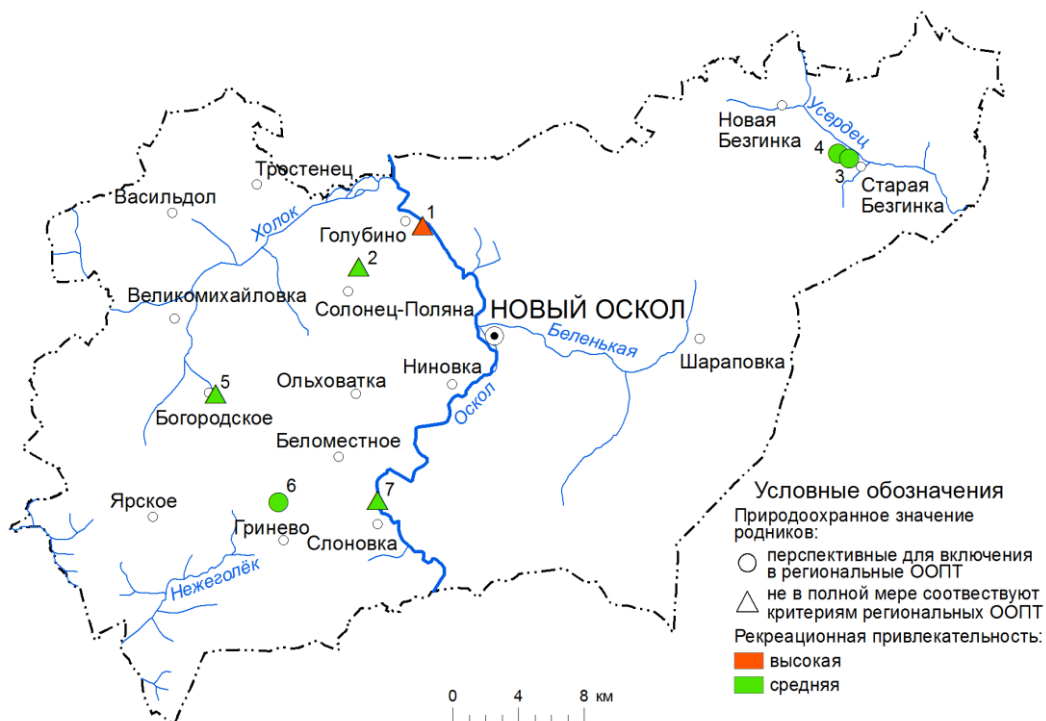


Рис. 5. Рекреационная привлекательность изучаемых родников
 Fig. 5. Recreational attractiveness of the studied springs

В таблице 2 приведены средние значения параметров оценки рекреационной привлекательности исследуемых родников и их доля в общей оценке.

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайденко Е.М., Соловьев А.Б.

Таблица 2

Table 2

Средние значения параметров оценки рекреационной привлекательности родников

Average values of the parameters indicating the recreational attractiveness of springs

Единицы измерения	<i>Bn</i>	<i>Bc</i>	<i>Bi</i>	<i>Bl</i>	<i>Bs</i>	<i>R</i>
Баллы	4,6	4,6	5,2	5,0	7,9	27,3
% от уровня общей оценки	17	17	19	18	29	100

Примечание: *Bn* – природная привлекательность; *Bc* – культурно-познавательная привлекательность; *Bi* – инфраструктура; *Bl* – благоустройство; *Bs* – санитарно-экологическое состояние; *R* – общая оценка.

Note: *Bn* – natural attractiveness; *Bc* – cultural-educational attractiveness; *Bi* – infrastructure; *Bl* – improvements made; *Bs* – sanitary-ecological condition; *R* – overall assessment

Лидером по вкладу в общую оценку рекреационной привлекательности родников является санитарно-экологическое состояние. Такое распределение, по-видимому, является типичным для Белгородской области: ранее оно было отмечено для Красненского и Ракитянского районов [10].

Для выявления взаимосвязей между определяемыми параметрами были рассчитаны коэффициенты корреляции, проведена оценка степени тесноты корреляционной связи и определены коэффициенты детерминации. Проанализированы следующие зависимости:

- 1) природная привлекательность родника – пейзажная выразительность окрестностей;
- 2) рекреационная привлекательность родника – рекреационная оценка;
- 3) пейзажная выразительность окрестностей – рекреационная оценка родника;
- 4) пейзажная выразительность окрестностей – рекреационная привлекательность родника.

В большинстве случаев доказать наличие связей не удалось, что, возможно, объясняется малым объемом выборки. Только для параметров «рекреационная привлекательность родника» и «рекреационная оценка» выявлено наличие тесной связи ($K_{кор} = 0,84$), что позволяет предполагать, что 69 % варьирования рекреационной оценки обусловлено варьированием показателя рекреационной привлекательности. Аналогичная теснота связи между названными параметрами была выявлена нами ранее для Красненского и Ракитянского районов области [10]. Наличие тесной связи между обсуждаемыми показателями позволяет утверждать, что многие параметры рекреационной оценки, методика определения которой значительно проще, подобраны в соответствии с силой их влияния. Проведение такой оценки не представляет затруднений, легко и быстро осуществляется при полевом обследовании, но позволяет предварительно судить о рекреационной значимости родника.

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что в Новооскольском районе, несмотря на отсутствие родников, относящихся к памятникам природы регионального значения, существуют объекты, соответствующие такому статусу. В полной мере к ним относятся два родника в с. Старая Безгинка и «Родник ветеранов-летчиков 155-го гвардейского штурмового авиаполка» между селами Гринево и Ендовино. Критерии отнесения названных родников к памятникам природы регионального значения различны: для родника без названия в с. Старая Безгинка – экологическая ценность; для родника «Святой источник Параскевы Пятницы» – не только экологическая, но также культурная (религиозная) и эстетическая ценность; для родника между селами Гринево и Ендовино – культурная (историческая) ценность.

Высокие оценки рекреационной значимости и рекреационной привлекательности «Святого источника» в с. Голубино обусловлены его размещением в рекреационной зоне, однако сам по себе данный родник не в полной мере соответствует критериям памятника природы регионального значения.

Наглядным примером деградации родников являются родники «Егорьевский» и в с. Богородское. Первый из названных родников ранее имел высокое религиозное значение, претерпел существенную реконструкцию, но уровень воды в нем значительно понижен, т.е. выхода воды на поверхность нет. Родник в с. Богородское за последние годы также значительно снизил свой дебит, что уменьшило его экологическое значение.

Изученные родники, перспективные для придания им статуса памятников природы регионального значения, характеризуются средней пейзажной выразительностью, что обусловлено либо господством, либо преобладанием в их окрестностях лесной растительности. Рекреационная оценка таких родников соответствует верхнему уровню средней оценки или нижнему уровню высокой оценки. Это означает, что среднюю оценку можно повысить до высокой. Рекреационная привлекательность этих родников также средняя, общая оценка составляет от 27 до 29,8 балла. Такие источники могут использоваться в туристско-рекреационной деятельности, но, как правило, требуют существенных вложений.

Максимальный вклад в оценку рекреационной привлекательности родников вносит их санитарно-экологическое состояние. Результаты рекреационной оценки показывают достоверную тесную связь с уровнем рекреационной привлекательности родников.

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А. Сеть особо охраняемых природных территорий Пермского края // Географический вестник=Geographical bulletin. 2020. № 3 (54). С. 135–148. DOI: 10.17072/2079-7877-2020-3-135-148 EDN: VHFGGD
2. Вода и водоподготовка. Термины и определения Межгосударственный стандарт: ГОСТ 30813-2002. Дата введения 2004-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030883> (дата обращения: 01.02.2024)
3. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. Белгород: Константа, 2018. 200 с.
4. Гришуткин О.Г., Шурыakov Д.С. Методика оценки туристско-рекреационного потенциала родников региона. Географический вестник=Geographical bulletin. 2023. № 2 (65). С. 136–153. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-2-136-153 EDN: HLCPCD
5. Кочуров Б.И., Буцацкая Н.В. Оценка эстетического потенциала ландшафтов. Юг России: Экология, развитие. 2007. № 4. С. 25–34. EDN: JVWKYN
6. Марциневская Л.В., Соловьев А.Б., Сазонова Н.В. Современная оценка функционирования и экологического состояния рекреационных зон города Белгорода // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2019. Т. 5, № 3. С. 12–21. DOI: 10.18413/2408-9346-2019-5-3-0-2 EDN: FIYQFY
7. Мир Е. Субъективное восприятие красоты. 2023. Свидетельство о публикации № 223082000414. URL: <https://proza.ru/2023/08/20/414/> (дата обращения 04.06.2024)
8. Новых Л.Л., Орехова Г.А. К вопросу о соответствии родников Красноярского, Ракитянского и Новооскольского районов критериям памятников природы регионального значения // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естеств. науки. 2010. № 3 (74). С. 123–131. EDN: ORHKCT
9. Новых Л.Л., Гайдено Е.М., Орехова Г.А. Рекреационный потенциал родников Красненского района Белгородской области // Успехи современного естествознания. 2023. № 11. С. 95–99. DOI: 10.17513/use.38149 EDN: JQXFWR
10. Орехова Г.А. Рекреационная привлекательность родников Красненского и Ракитянского районов Белгородской области // Региональные геосистемы. 2024. Т. 48, № 1. С. 118–130. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-118-130 EDN: ZLOGUE
11. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/10107990/> (дата обращения: 25.01.2024)
12. Об утверждении Положений о памятниках природы и дендрологических парках регионального значения Белгородской области: Постановление Правительства Белгородской области от 10.07.2017 № 269-пп. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3100201707170004?index=28&range> (дата обращения 05.02.2024)
13. Петин А.Н., Новых Л.Л. Родники Белогорья. Белгород: КОНСТАНТА, 2009. 220 с.
14. Погорелов А.В., Киселев Е.Н., Махонин В.Л. О проектировании схемы особо охраняемых природных территорий в Краснодарском крае. Геоинформационный аспект // Географический вестник = Geographical bulletin. 2023. № 4 (67). С. 183–199. DOI: 10.17072/2079-7877-2023-4-183-199 EDN: PXABCR
15. Толковый словарь русского языка: 72500 слов и 7500 фразеологических выражений / РАН. Ин-т русского языка; Российский фонд культуры. М.: АЗЪ, 1993. 960 с.
16. Швец В.М., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Родники Москвы. М.: Научный мир, 2002. 160 с.
17. Akhmedenov K.M., Idrisova G.Z. The importance of springs, self-flowing artesian wells, underground cave lakes of western Kazakhstan in tourism. GeoJournal of Tourism and Geosites. 2021. Vol. 37 (3). P. 747–756. DOI: 10.30892/GTG.37303-705 EDN: OGFUQF
18. Cantonati M., Fensham R.J., Stevens L.E., Gerecke R., Glazier D.S., Goldscheider N., Knight R.L., Richardson J.S., Springer A.E., Tockner K. Urgent plea for global protection of springs. Conservation Biology. 2020. P. 1–5.
19. Currell M.J., Katz B.G. Threats to Springs in a Changing World: Science and Policies for Protection. American Geophysical Union. 2022. 240 p.
20. DellaSala D.A., Goldstein M.I. Imperiled: The Encyclopedia of Conservation. Elsevier Science. 2022. 2608 p.
21. Ghosh A., Mukhopadhyay S. Evaluation of springs and waterfalls as Geomorphosites and proposition of strategies to develop Geotourism at Ajodhya hill, Puruliya district, Eastern India GeoJournal. 2022. Vol. 87 (1). P. 87–99.
22. Mueller J.M., Lima R.E., Springer A.E. Can environmental attributes influence protected area designation? A case study valuing preferences for springs in Grand Canyon National Park. Land Use Policy. 2017. Vol. 63. P. 196–205.
23. Wu Q., Bi X., Grogan K., Borisova T. Valuing the Recreation Benefits of Natural Springs in Florida // Water. 2018. No. 10. 1379 p.

References

1. Buzmakov S.A. (2020) Network of protected natural areas in the Perm region, *Geographical bulletin*, no. 3(54), pp. 135–148. doi:10.17072/2079-7877-2020-3-135-148
2. Water and water treatment. Terms and definitions Interstate standard: GOST 30813-2002. Date of introduction 2004-01-01, available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200030883> (Accessed 01.02.2024).
3. Geographical atlas of the Belgorod region: nature, society, economy (2018). Belgorod: Constant, 200 p.
4. Grishutkin O.G., Schuryakov D.S. (2023). Methodology for assessing the tourist and recreational potential of the region's springs, *Geographical bulletin*, no. 2 (65), pp. 136–153. doi: 10.17072/2079-7877-2023-2-136-153
5. Kochurov B.I., Buchatskaya N.V. (2007) Assessment of the aesthetic potential of landscapes, *Yug Rossii: Ekologiya, razvitiye*, no. 4, pp. 25–34.
6. Martsinevskaya L.V., Soloviev A.B., Sazonova N.V. (2019) Modern assessment of the functioning and ecological state of recreational areas of the city of Belgorod, *Nauchnyy rezul'tat. Tekhnologii biznesa i servisa*, vol. 5, no. 3, pp. 12–21.
7. Mir E. Subjective perception of beauty (2023) Certificate of publication № 223082000414, available at: <https://proza.ru/2023/08/20/414/> (Accessed 04.06.2024).
8. Novykh L.L., Orekhova G.A. (2010) On the issue of compliance of springs in the Krasnoyarsky, Rakityansky and Novooskolsky districts with the criteria for natural monuments of regional significance, *Nauchnyye vedomosti BelGU. Ser. Yestestv. nauki*, no. 3 (74), pp. 123–131.
9. Novykh L.L., Gaydenko E.M., Orekhova G.A. (2023) Recreational potential of springs of Krasnensky district of Belgorod region, *Успехи современного естествознания*, no. 11, pp. 95–99. doi: 10.17513/use.38149

Рекреационная география и туризм

Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайдено Е.М., Соловьев А.Б.

10. Orekhova G.A. (2024) Recreational Attractiveness of Springs Krasnensky and Rakityansky Districts of the Belgorod Region, *Regional geosystems*, Vol. 48, no. 1, pp. 118–130. doi: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-118-130
11. On specially protected natural areas: Federal Law of March 14, 1995 N 33-FZ (as amended and supplemented), available at: <https://base.garant.ru/10107990/> (Accessed 25.01.2024).
12. On approval of the Regulations on natural monuments and dendrological parks of regional significance in the Belgorod region: Decree of the Government of the Belgorod Region dated July 10, no. 269-pp, available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/3100201707170004?index=28&range> (Accessed 05.02.2024).
13. Petin A.N., Novykh L.L. (2009) Springs of Belogorye. Belgorod: CONSTANT, 220 p.
14. Pogorelov, A.V., Kiselev, E.N., Makhonin, V.L. (2023). On the design of a scheme of protected natural areas in the Krasnodar region. A geoinformation aspect. *Geographical Bulletin*. no. 4(67). pp. 183–199. doi:10.17072/2079-7877-2023-4-183-199
15. Explanatory dictionary of the Russian language: 72,500 words and 7,500 phraseological expressions (1993) RAN. Institut russkogo yazyka; Rossiyskiy fond kul'tury. M.: AZ, 960 p.
16. Shvets V.M., Lisenkov A.B., Popov E.V. (2002) Springs of Moscow. Nauchnyy mir, 160 p.
17. Akhmedenov K.M., Idrisova G.Z. (2021) The importance of springs, self-flowing artesian wells, underground cave lakes of western Kazakhstan in tourism, *GeoJournal of Tourism and Geosites*, vol. 37(3), pp. 747–756.
18. Cantonati M., Fensham R.J., Stevens L.E., Gerecke R., Glazier D.S., Goldscheider N., Knight R.L., Richardson J.S., Springer A.E., Tockner K. (2020) Urgent plea for global protection of springs, *Conservation Biology*, pp. 1–5.
19. Currell M.J., Katz B.G. (2022) Threats to Springs in a Changing World: Science and Policies for Protection, *American Geophysical Union*, 240 p.
20. DellaSala D.A., Goldstein M.I. (2022) Imperiled: The Encyclopedia of Conservation. *Elsevier Science*, 2608 p.
21. Ghosh A., Mukhopadhyay S. (2022) Evaluation of springs and waterfalls as Geomorphosites and proposition of strategies to develop Geotourism at Ajodhya hill, Puruliya district, *Eastern India GeoJournal*, vol. 87(1). pp. 87–99.
22. Mueller J.M., Lima R.E., Springer A.E. (2017) Can environmental attributes influence protected area designation? A case study valuing preferences for springs in Grand Canyon National Park. *Land Use Policy*, vol. 63. pp. 196–205.
23. Wu Q., Bi X., Grogan K., Borisova T. (2018) Valuing the Recreation Benefits of Natural Springs in Florida, *Water*, no. 10. 1379 p.

Статья поступила в редакцию: 30.08.24, одобрена после рецензирования: 11.04.2025, принята к опубликованию: 13.06.2025.

The article was submitted: 30 August 2024; approved after review: 11 April 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Лариса Леонидовна Новых

кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры географии, геоэкологии
и безопасности жизнедеятельности,
Белгородский государственный
национальный исследовательский университет;
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

novykh@bsu.edu.ru

Галина Александровна Орехова

соискатель кафедры географии, геоэкологии
и безопасности жизнедеятельности,
Белгородский государственный
национальный исследовательский университет;
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

ga-li-na@mail.ru

Лариса Владимировна Марциневская

кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры природопользования
и земельного кадастра,
Белгородский государственный
национальный исследовательский университет;
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

martsinevskaya@bsu.edu.ru

Information about the authors

Larisa L. Novykh

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Geography, Geoecology and Life Safety,
Belgorod State National Research University;
85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia

Galina A. Orekhova

Degree-Seeking Researcher, Department of Geography,
Geoecology and Life Safety,
Belgorod State National Research University;
85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia

Larisa V. Martsinevskaya

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Department of Environmental
Management and Land Cadastre,
Belgorod State National Research University;
85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia

*Рекреационная география и туризм**Новых Л.Л., Орехова Г.А., Марциневская Л.В., Гайденко Е.М., Соловьев А.Б.***Елена Михайловна Гайденко**

кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры географии, геоэкологии
и безопасности жизнедеятельности,
Белгородский государственный
национальный исследовательский университет;
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

lopina@bsu.edu.ru

Александр Борисович Соловьев

кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры природопользования
и земельного кадастра,
Белгородский государственный
национальный исследовательский университет;
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85

solovev@bsu.edu.ru

Elena M. Gajdenko

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Department of Geography,
Geoecology and Life Safety,
Belgorod State National Research University;
85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia

Alexander B. Solovyov

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Department of Environmental
Management and Land Cadastre,
Belgorod State National Research University;
85, Pobedy st., Belgorod, 308015, Russia

Вклад авторов

Новых Л.Л. – идея, сбор материала, написание статьи.

Орехова Г.А. – сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Марциневская Л.В. – обработка материала.

Гайденко Е.М. – обработка материала, научное редактирование текста.

Соловьев А.Б. – научное редактирование текста.

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

Contribution of the authors

Larisa L. Novykh – the idea; material collection; writing of the article.

Galina A. Orekhova – material collection and processing; writing of the article.

Larisa V. Martsinevskaya – data processing.

Elena M. Gajdenko – data processing; scientific editing of the text.

Alexander B. Solovyov – scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

Научная статья

УДК 911.5/9

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-188-199

EDN: VGBNYP

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА
(ЭКОНОМИКО-ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ)****Евгений Валерьевич Коньшев**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

konj@bk.ru, ORCID: 0000-0002-7774-1670, SPIN-код: 8723-2196

Аннотация. Научная статья посвящена вопросам устойчивого развития туризма. Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучения различных аспектов устойчивого развития туризма с применением современных подходов и методов. Устойчивое развитие туризма принято рассматривать на четырех основных уровнях: природно-географическом, экономико-институциональном, социально-культурном и духовном. В статье основной акцент сделан на экономико-институциональный аспект устойчивого туризма. Целью предлагаемого исследования является моделирование факторов повышения эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала в регионах России. Для реализации поставленной цели применяются методы экономико-статистического анализа, метод кластеризации на основе алгоритма k-means, метод ДЕА (Data Envelopment Analysis) и регрессионный анализ. На первом этапе был рассчитан уровень и определена структура туристско-рекреационного потенциала регионов. Дополнительно проанализированы особенности реализации туристско-рекреационного потенциала в разрезе туристских макротерриторий. На втором этапе все регионы РФ были поделены на 4 кластера по схожести предпосылок развития туризма. На третьем этапе, применив метод ДЕА, был рассчитан интегральный показатель эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала. Кроме того, для каждого оцениваемого субъекта определены эталонные регионы и даны рекомендации по наращиванию объема реализации услуг предприятиями туристской индустрии с целью достижения единичной эффективности. На четвертом этапе с целью определения влияния компонентов туристско-рекреационного потенциала на величину, характеризующую экономический результат развития туризма в регионах, построена регрессионная модель. Было выявлено, что только два компонента потенциала имеют положительное влияние на общую результативность – это социально-экономические факторы, туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма. Таким образом, зная особенности влияния факторов потенциала, можно увеличивать экономические эффекты от развития туристской деятельности, например, применяя меры государственной и региональной поддержки.

Ключевые слова: макротуристские территории, экономическая эффективность, линейная регрессия, кластерный анализ, устойчивость туризма, Data Envelopment Analysis

Для цитирования: Коньшев Е.В. Моделирование факторов устойчивого развития туризма (экономико-институциональный аспект) // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 188–199. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-188-199. EDN: VGBNYP

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-188-199

EDN: VGBNYP

**MODELING FACTORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TOURISM
(THE ECONOMIC-INSTITUTIONAL ASPECT)****Evgeny V. Konyshov**

Perm State University, Perm, Russia

konj@bk.ru, ORCID: 0000-0002-7774-1670, SPIN-code: 8723-2196

Abstract. The article is devoted to the issues of sustainable development of tourism. The relevance of the study is due to the need to explore various aspects of the process with the use of modern approaches and methods. Sustainable development of tourism is usually considered at four main levels: natural-geographical, economic-institutional, socio-cultural, and spiritual. The article focuses on the economic-institutional aspect of sustainable tourism. The purpose of the study is to model factors that enhance the efficiency of realizing the tourism-recreational potential in the regions of Russia.



© 2025 Эта работа Коньшева Е.В. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

To achieve this goal, economic and statistical analysis, a clustering method based on the k-means algorithm, DEA (Data Envelopment Analysis), and regression analysis were used. At the first stage, the level of the regions' tourist-recreational potential was calculated, the structure of the potential was defined. Additionally, the features of the tourism-recreational potential realization in the context of tourist macro-territories were analyzed. At the second stage, all regions of the Russian Federation were divided into 4 clusters based on the similarity of prerequisites for tourism development. At the third stage, using the DEA method, an integral indicator of the effectiveness of the tourism-recreational potential was calculated. In addition, for each constituent entity assessed, reference regions were identified, and recommendations were given for increasing the volume of services sold by tourism industry enterprises in order to achieve efficiency indicator equal to 1. At the fourth stage, a regression model was built in order to determine the influence that the components of the tourism-recreational potential have on the value that characterizes the economic result of tourism development in the regions. It has been found that only two components of the potential have a positive impact on overall performance – these are socio-economic factors and the tourism-recreational infrastructure and employment in the tourism sector. Thus, knowing what influence is exerted by the factors of the potential, it is possible to significantly increase economic effects from the development of tourism activities, for example, by adopting state and regional support measures.

Keywords: macro-tourist areas, economic efficiency, linear regression, cluster analysis, tourism sustainability, Data Envelopment Analysis

For citation: Konyshov, E.V. (2025). Modeling factors of sustainable development of tourism (the economic-institutional aspect) *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 188–199. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-188-199. EDN: VGBNYP

Введение и постановка проблемы

Значительный вклад в исследование устойчивого развития внесли отечественные географы [2, 8], которые рассматривали вопросы противодействия геосистем внешним факторам, широко применяя системно-структурный подход [1, 7, 12, 15, 17, 18]. Заложенные в то время подходы находят широкое применение и в современных исследованиях, в том числе в исследованиях, посвященных устойчивому развитию туризма.

Целью устойчивого туризма является достижение баланса между защитой окружающей среды, сохранением культурной целостности, установлением социальной справедливости и продвижением экономических выгод, удовлетворением потребностей принимающего населения с точки зрения повышения уровня жизни как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе [24]. Устойчивое развитие туризма происходит под влиянием новых факторов, формирующих противоречие между компонентами туристско-рекреационного пространства, и предполагает появление новых качеств туристско-рекреационной системы [5]. При этом основное противоречие возникает между возрастающей мобильностью населения в целях удовлетворения потребности в отдыхе и туризме и интересами местных сообществ в вопросах сохранения окружающей среды и самобытности. Внимание к устойчивому развитию туризма проявляется в четырёх основных аспектах (рис. 1).

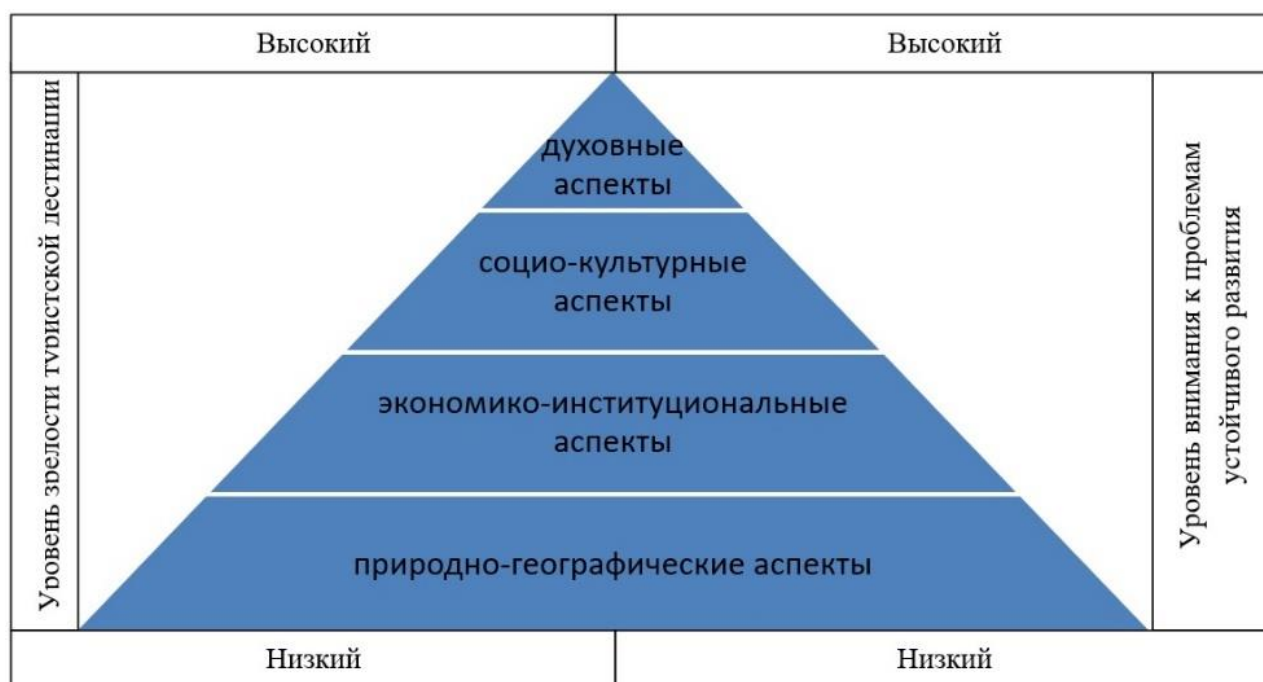


Рис. 1. Иерархия аспектов устойчивого развития туризма (составлено автором)

Fig.1. Hierarchy of the sustainable tourism development aspects (compiled by the author)

*Рекреационная география и туризм**Коньшев Е.В.*

Природно-географическая основа является базисом устойчивого развития туризма. Не случайно именно проблемы, связанные с истощением ресурсов и ухудшением качества окружающей среды, подтолкнули человечество к осознанию необходимости устойчивого развития. Большинство научных публикаций 70–80-х гг. XX в. как в советской, так и в зарубежной географии были посвящены схожей тематике [23].

С накоплением теоретического и практического материала по обеспечению природно-географических аспектов устойчивого развития научная мысль обратилась к изучению экономических и институциональных аспектов [13]. В настоящее время преобладает точка зрения, что экономическая и институциональная основа обеспечивает формирование условий, при которых бизнесу выгодно внедрять принципы устойчивого развития на своих предприятиях, а экономика развивается сбалансированно с учетом сохранения окружающей среды. Дуайер и его коллеги в исследовании заявили, что туристическим фирмам следует применять подход «тройной итог» (TBL) к устойчивому развитию, чтобы гарантировать, что фирмы интегрируют социальную, экологическую и экономическую информацию в процесс принятия управленческих решений. Фирмы должны стремиться к достижению устойчивости в своей деятельности, если цель в целом соответствует принципам устойчивости [22].

Социально-культурные аспекты устойчивого развития туризма изучаются в тесной взаимосвязи с предыдущими. При этом, не отрицая значение природных и экономических аспектов, ряд исследователей призывает уделять больше внимания участию местных сообществ в управлении туристской сферой [20]. На ключевую роль местных жителей и туристов как основных компонентов реализации концепции устойчивого туризма также обращает внимание Sheldon P.J. [25]. Поэтому для понимания и оценки представлений, образа мысли, точки зрения местных жителей и туристов рекомендуется использовать методы опроса.

Духовные аспекты устойчивого развития туризма проявляются в формировании особой модели ответственного поведения. Туристские практики сегодня интенсивно меняют картины мирового развития. В истории туризма наступает новый период «культурных путешествий» (cultural travel). Эволюция туризма с его универсальным опытом может быть осмыслена как путь от путешественника к туристу и снова к путешественнику, но уже качественно иному [26].

Принятие концепции устойчивого развития туризма в странах мира проходит крайне неравномерно. В зависимости от уровня зрелости туристской дестинации, приоритетность решения задач может сильно варьироваться. Чем менее обострены проблемы развития туризма, тем большее сопротивление возникает в процессе внедрения принципов устойчивого развития туризма. Наблюдается некоторая закономерность в выборе приоритетности решения задач устойчивого развития туризма. Дестинации, которые стремятся максимально увеличить туристский поток, в первую очередь ориентированы на выполнение экономико-институциональных аспектов устойчивого развития туризма. В этот период большинство публикаций посвящено экономической оценке туристско-рекреационного потенциала, обоснованию форм пространственного развития туристской инфраструктуры, поиску механизмов повышения эффективности организационно-управленческой структуры, роли и значению туристско-рекреационной системы в развитии страны, конкурентоспособности и маркетингу туристской дестинации, прогнозированию и моделированию развития туризма. При росте туристского потока в случае ошибок в расчете потенциальной емкости дестинации и пространственном планировании туристской инфраструктуры начинают обостряться проблемы, связанные с нерациональным использованием природных и культурно-исторических ресурсов. Акцент в научных исследованиях смещается к оценке негативного влияния туристской деятельности на климат и ландшафты, с учетом сформированного туристского потока осуществляется переоценка рекреационной емкости территории, разрабатываются новые модели развития экологического туризма на базе охраняемых природных территорий. Государством прилагаются усилия по мотивации туристского бизнеса к переходу на энергосберегающие технологии и соблюдению принципов устойчивого развития туризма. Практически одновременно могут возникнуть проблемы социально-культурного характера: сохранение общественных норм и традиций в туристском пространстве, усиление негативного отношения местных жителей к туристам, коммерциализация культуры, сохранение культурного наследия дестинации. С помощью социологических методов исследований выявляются причины негативного отношения к туристам, разрабатываются концепции «бережливого» путешествия, обосновываются программы по сохранению культурного наследия. На местном и региональном уровнях поддержку получают проекты, ориентированные на выявление и сохранение культурной идентичности местных сообществ, проведение событийных мероприятий, развитие сельского и гастрономического туризма. Однако запретительные и стимулирующие методы, которые в основном применяются для обеспечения перехода к устойчивой модели экономического развития, могут дать лишь временный эффект. Стремясь минимизировать издержки, в случае снятия ограничений предприниматели вернутся к исходной модели потребительской экономики. Требуются коренные трансформации в социальном поведении общества, когда должны измениться общественные нормы. Поведение каждого индивида должно не только подчиняться законам устойчивого развития, но также быть естественным и осознанным. Формирование стабильного положительного отношения к необходимости устойчивого развития у большинства людей возникает лишь в результате осознанного принятия этой идеи, коренного изменения в духовной сфере. Учение, которое отражает такое состояние общества, сформулировал В.И. Вернадский [4]. Ноосферный подход к познанию региональной туристско-

Рекреационная география и туризм

Коньшев Е.В.

рекреационной системы ориентирует исследовательский процесс в направлении поиска путей гармонизации природной, экономической, социальной и духовной составляющих, сбалансированности всех функциональных блоков.

На современном этапе в России сформирована система особо-охраняемых природных территорий, которая достаточно эффективно решает проблемы, связанные с природно-географическими аспектами устойчивого развития туризма. В то же время для большинства регионов России наиболее актуальным аспектом реализации концепции устойчивого развития туризма на современном этапе является экономико-институциональный. И одной из важных задач в этом аспекте является повышение эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала.

Методология исследования. Целью предлагаемого исследования является моделирование факторов повышения эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала в регионах России. Реализация поставленной цели предполагает применение междисциплинарного подхода. Важность использования междисциплинарного подхода в изучении вопросов устойчивого развития туризма подчеркивается многими исследователями. Это необходимо «для перевода исследований в области устойчивого туризма на более научный уровень» [27].

Под **туристско-рекреационным потенциалом** понимается совокупность туристско-рекреационных ресурсов, их территориальных сочетаний и условий, способствующих удовлетворению потребностей населения в туристской и рекреационной деятельности [16]. Традиционно в структуре туристско-рекреационного потенциала выделяют два основных блока – природный и культурно-исторический [3, 9, 14]. Значительно реже в структуре туристско-рекреационного потенциала выделяются социально-экономический и инфраструктурный блоки. Основным результатом оценки туристско-рекреационного потенциала является выявление мест его концентрации, описание направлений его использования, а также в редких случаях выявление проблем его реализации. Предлагаемая нами методика позволяет не только осуществить сравнительный анализ величины туристско-рекреационного потенциала регионов, но и провести оценку эффективности его реализации, а также разработать модель влияния составных компонентов потенциала на результативность развития региональной туристско-рекреационной системы (далее РТРС).

На **первом этапе** рассчитывались частная и интегральная оценка величины туристско-рекреационного потенциала регионов России с применением

приемов нормирования, агрегирования и взвешивания. Оценка величины туристско-рекреационного потенциала осуществлялась по четырем блокам («Природные факторы и условия», «Культурно-исторический потенциал», «Социально-экономические факторы», «Туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма»). Дополнительно был проведен экспертный опрос для определения весовых коэффициентов показателей. Нормализация показателей вычислялась по формуле (1):

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

где \bar{x}_i – нормированный показатель для i-го региона; x_i – значение показателя i-го региона; x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значение в динамическом ряду.

Лимитирующие факторы отдельно не выделялись, но при оценке такого критерия присвоение баллов велось обратно пропорционально его фактическому значению. Для получения итогового результата значения (баллы) каждого блока необходимо суммировать (формула 2).

$$\text{ТП} = \text{ПФУ} + \text{КИП} + \text{СЭФ} + \text{ТРИЗ}, \quad (2)$$

где ТП – итоговый интегральный показатель туристско-рекреационного потенциала муниципального образования; ПФУ – природные факторы и условия; КИП – культурно-исторический потенциал; СЭФ – социально-экономические факторы; ТРИЗ – туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма.

Интерпретация полученных результатов предполагает ранжирование регионов РФ по величине туристско-рекреационного потенциала (высокий, средний и низкий), а также анализ перспектив его использования с точки зрения субъекта оценки.

На **втором этапе** с помощью кластерного метода произведена группировка регионов РФ в зависимости от величины и структуры туристско-рекреационного потенциала. Кластерный анализ проводился с использованием алгоритма k-means (рис. 2). В качестве факторных признаков были выбраны четыре компонента (блоки) туристско-рекреационного потенциала без снижения размерности. Все операции велись в среде программирования Google Colab с использованием языка Python. Для расчета оптимальной величины количества кластеров использовался «метод локтя». Визуально наиболее резкий переход виден при трех кластерах, но, учитывая значительную разницу в величинах туристско-рекреационного потенциала между регионами-лидерами и аутсайдерами, было принято решение взять за основу четыре кластера. При четырех кластерах WCSS (сумма квадратов внутрикластерных расстояний) составила 0,911.

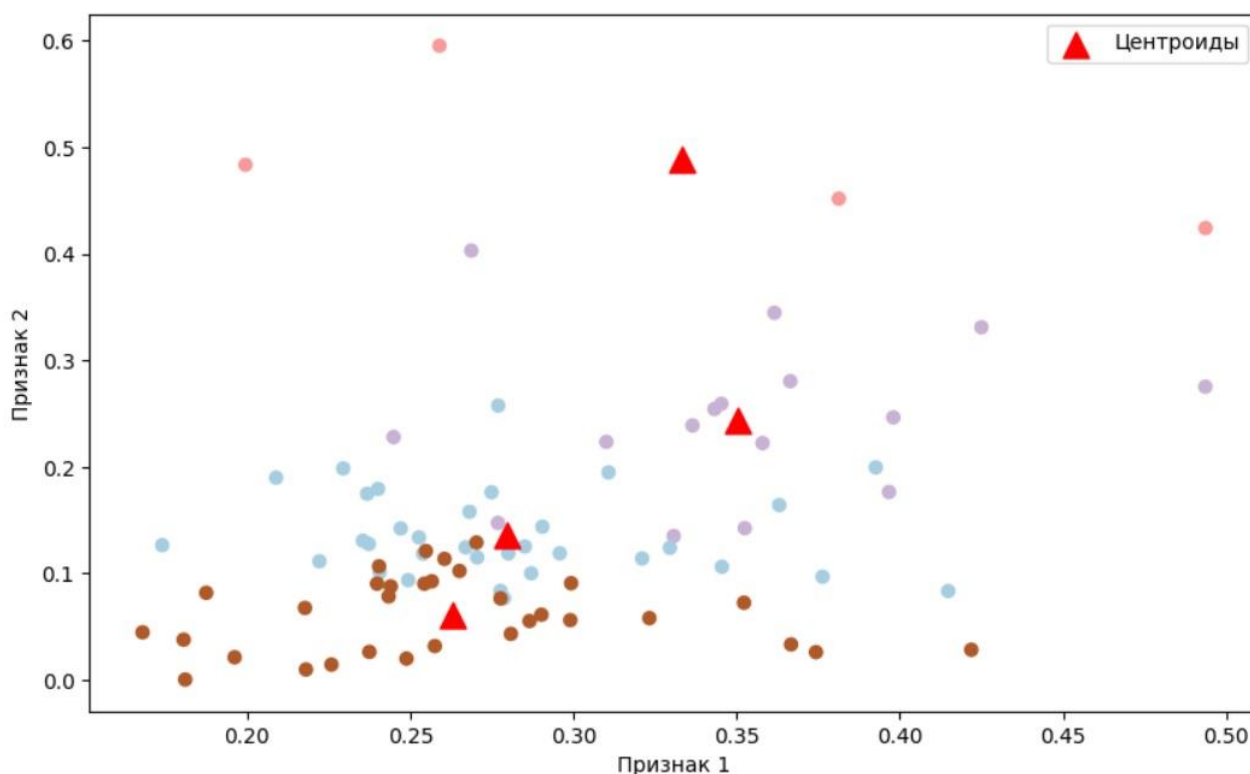


Рис. 2. Центроиды кластеров и расстояния по признакам

Fig. 2. Cluster centroids and distances by features

На **третьем этапе** была проведена оценка сравнительной эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала в регионах России. Для оценки эффективности применялся метод ДЕА (Data Envelopment Analysis). Метод ДЕА основан на построении границы эффективности, которая отражает положение РТРС, имеющих максимальное значение результативности среди всех РТРС с заданным количеством входных данных в пространстве входов-выходов. Те РТРС, которые не лежат на границе эффективности, функционируют неэффективно. При этом значение неэффективности прямо пропорционально расстоянию, на которое точка удалена от границы эффективности. Для определения границы эффективности и применяется метод ДЕА, в основе которого лежит линейное программирование. Разработчиками данного метода в 1978 г. стали американские ученые А. Charnes, W. Cooper и E. Rhodes [20]. Преимуществом метода является то, что он позволяет провести сравнительный анализ функционирования РТРС, имеющих схожий туристско-рекреационный потенциал и уровень развития туристской инфраструктуры. Кроме того, применение метода ДЕА открывает возможности оценки не только эффективности преобразования туристско-рекреационного потенциала в капитал, но также позволяет моделировать различные процессы и делать прогнозы развития РТРС в будущем. Этот метод может одновременно обрабатывать много входных показателей (независимые факторы) и много выходных показателей (зависимые переменные), а также учитывать внешние по отношению к рассматриваемой системе переменные (например, факторы внешней среды). Еще одним достоинством метода является то, что он не требует априорного указания весовых коэффициентов для переменных и не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами. В отличие от регрессионного анализа, метод ДЕА направлен на выявление не усредненных тенденций, а на определение лучшей практики. Дополнительно, при наличии баз данных за некоторый временной период, возможно рассчитать изменение агрегированного показателя эффективности для каждой РТРС во времени.

Суть метода ДЕА состоит в том, что на основе теории двойственности, имея данные входных параметров (К) и выходных параметров (М), можно рассчитать для множества N-объектов (в нашем исследовании регионах) значение показателя эффективности (формула 3):

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & \theta, \\ -y_i + Y\lambda & \geq 0, \\ \theta x_i - X\lambda & \geq 0, \\ \lambda & \geq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где θ – скаляр, а λ является вектором констант размерности $N \times I$. Значение θ , полученное при решении задачи, и будет мерой эффективности i -го объекта (региона). При этом эффективность не может быть больше единицы. Для каждого объекта (региона) аналогичная задача решается N раз [10].

*Рекреационная география и туризм**Коньшев Е.В.*

Регионы, для которых значение эффективности равняется единице, образуют так называемую границу эффективности. Если у региона значение ниже единицы, то при проецировании точек, соответствующих данным регионам, на границу эффективности их положение будет соответствовать линейной комбинации ($X\lambda$, $Y\lambda$). При этом часть элементов вектора λ будет иметь ненулевые значения, что соответствует тем регионам, которые являются эталонными для оцениваемого региона. Линейная комбинация эталонных объектов образует гипотетический объект, находящийся на границе эффективности. Значения переменных гипотетического объекта являются целью для реального региона, который не является эффективным в настоящее время. Таким образом, для регионов с $\theta < 1$ могут быть установлены цели, которые заключаются в пропорциональном сокращении их входных параметров на величину θ при сохранении выходных значений на прежнем уровне. При этом чем ближе точка, соответствующая данному региону к границе эффективности, тем выше ее мера эффективности. Такая модель ориентирована на вход и подразумевает наличие постоянного эффекта масштаба, т.е. возрастание потребления ресурсов приводит к пропорциональному росту производства. Для того чтобы учесть возможность переменного эффекта масштаба, в данную модель нужно добавить ограничение на сумму весовых коэффициентов. В результате после ввода данного ограничения формируется выпуклая комбинация эталонных объектов [21]. В нашем исследовании применялась модель, ориентированная на выход и учитывающая переменный эффект масштаба. В моделях такого типа каждый неэффективный объект сопоставляется с эффективными объектами, имеющими структуру (соотношения) значений показателей, наиболее близкую к структуре этого неэффективного объекта. А показатель эффективности – это величина, на которую нужно увеличить объем реализации при неизменности потенциала.

На **четвертом этапе** построена модель зависимости эффективности развития туристско-рекреационного комплекса от различных компонентов туристско-рекреационного потенциала с помощью линейной регрессии. В предлагаемой нами модели в качестве эндогенной переменной выступает показатель «Объем услуг предприятий туристской индустрии». Это совокупный показатель, рассчитанный нами самостоятельно как сумма показателей «Услуги туристических агентств, туроператоров и прочие услуги по бронированию и сопутствующие им услуги», «Услуги гостиниц и аналогичные услуги по предоставлению временного жилья», «Услуги санаторно-курортных организаций», «Услуги иных специализированных КСР» [11]. Полученный интегральный показатель отражает общую результативность работы предприятий туристско-рекреационного комплекса. В качестве факторных переменных (экзогенных) были выбраны индексы блоков туристско-рекреационного потенциала. Написание программного кода Python осуществлялось в сервисе Google Colab. Был выполнен предварительный анализ данных, в том числе выявлены и обработаны выбросы, проверены распределения данных на нормальность, проведен корреляционный анализ. Последующее моделирование зависимости целевого признака от факторных велось методом линейной регрессии, в том числе была подобрана наилучшая модель, оценено ее качество и выполнено прогнозирование.

На **заключительном этапе** дана интерпретация полученных результатов и формулировка выводов о достижении цели.

Результаты исследования

Каждая территория уникальна и обладает индивидуальным набором характеристик, которые могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на организацию туризма. Однако важно не только проанализировать ресурсы и условия, но и сравнить результаты с другими территориями. Только тогда можно понять, насколько уникален или типичен потенциал. Результаты количественной оценки туристско-рекреационного потенциала позволяют выявить возможности для развития туризма в субъектах РФ, определить уровень потенциала, обозначить лидеров и аутсайдеров. Следует понимать, что оценка туристско-рекреационного потенциала – это начальная стадия большой работы по развитию туризма. Результаты оценки можно использовать для разработки территориальных программ и планов развития, принятия различных управленческих решений, разработки туристских продуктов, прокладывания туристских маршрутов, разработки проектов по развитию туристской инфраструктуры. Для улучшения восприятия полученные результаты представлены в виде тепловой матрицы (табл. 1).

Анализируя показатель среднего квадратического отклонения, можно сделать вывод, что минимальные различия между регионами характерны для природного блока туристско-рекреационного потенциала, а максимальные отмечаются в итоговой оценке и в блоке туристская инфраструктура и занятость. Каждый регион стремится максимально полно реализовать имеющийся туристско-рекреационный потенциал, используя в том числе и меры государственной поддержки. В соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Развитие туризма» сформирован перечень из 12 туристских макротерриторий и входящих в них субъектов с учетом потенциала развития туризма [6]. В состав макротерриторий включались субъекты РФ, привлекательные для туристов, и в отношении них ставились задачи по повышению инвестиционной привлекательности, роста объема оказания услуг предприятиями туристско-рекреационного комплекса, развитию туристской инфраструктуры и повышению темпов роста туристских прибытий.

Выделенные туристские макротерритории значительно отличаются по количеству входящих в них субъектов РФ и по величине совокупного туристско-рекреационного потенциала. Кроме того, следует отметить, что

Рекреационная география и туризм

Коньшев Е.В.

в состав туристских макротерриторий не входят 32 субъекта РФ, совокупный туристско-рекреационный потенциал которых весьма значителен (рис. 3).

Таблица 1

Table 1

Результаты частных и интегральной оценки туристско-рекреационного потенциала регионов России

(фрагмент: 5 лидеров и 5 аутсайдеров, по состоянию на 2021 г.)

The results of partial and integrated assessments of the tourism-recreational potential in Russian regions
(a fragment: 5 leaders and 5 outsiders in 2021)

Регионы РФ	Природные факторы и условия	Культурно-исторический потенциал	Обеспечивающая инфраструктура	Туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма	Интегральная оценка
1) Краснодарский край	0,494	0,424	0,532	0,887	2,337
2) г. Москва	0,259	0,595	0,601	0,653	2,108
3) Московская область	0,381	0,452	0,510	0,444	1,788
4) г. Санкт-Петербург	0,199	0,484	0,311	0,494	1,488
5) Республика Татарстан (Татарстан)	0,362	0,345	0,341	0,259	1,307
81) Ямало-Ненецкий автономный округ	0,181	0,038	0,071	0,022	0,312
82) Республика Ингушетия	0,237	0,026	0,037	0,004	0,305
83) Республика Калмыкия	0,196	0,021	0,073	0,009	0,299
84) Ненецкий автономный округ	0,181	0,000	0,061	0,037	0,279
85) Еврейская автономная область	0,218	0,010	0,024	0,008	0,261
Среднее значение по всем субъектам РФ	0,289	0,145	0,165	0,109	0,708
среднее квадратическое отклонение	0,069	0,112	0,110	0,137	0,371

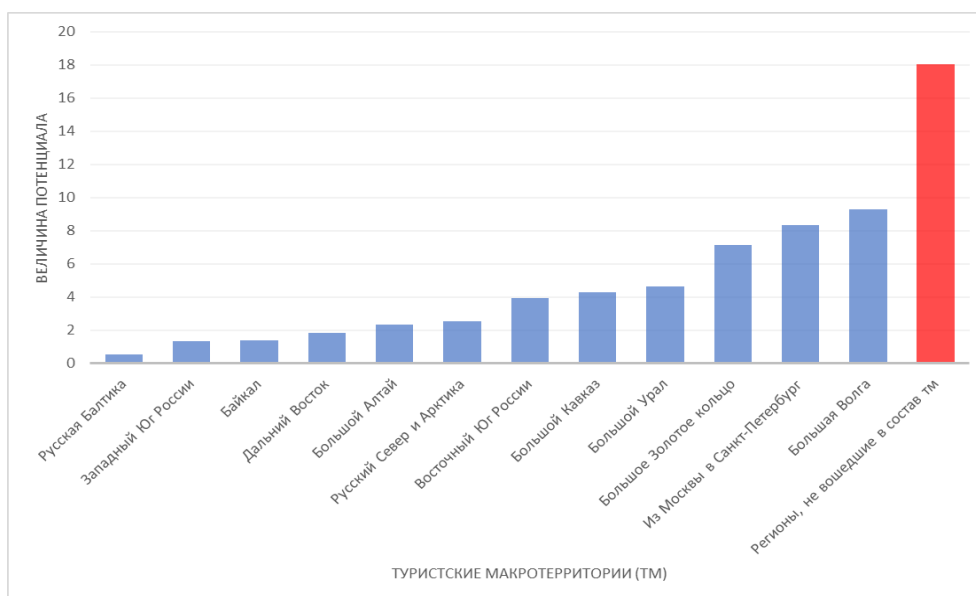


Рис. 3. Величина потенциала туристских макротерриторий России, 2021 г. (составлено автором)

Fig. 3. The potential of Russia's tourist macro-territories in 2021 (compiled by the author)

Рекреационная география и туризм

Коньшев Е.В.

На втором этапе исследования для группировки регионов по схожести предпосылок развития туризма применялся кластерный анализ. Все регионы разделены на 4 кластера (табл. 2). В первый кластер вошли 4 субъекта РФ, которые можно отнести к лидерам не только по величине туристско-рекреационного потенциала, но и по разнообразию его структуры. Это города федерального значения Москва и Санкт-Петербург, а также Московская область и Краснодарский край. Все четыре блока потенциала субъектов в первом кластере характеризуются значениями выше среднероссийских.

Таблица 2

Table 2

Описательные характеристики кластеров

Descriptive characteristics of the clusters

Показатели кластеров	K1	K2	K3	K4
Количество регионов в кластере	4	14	34	33
Совокупная величина туристско-рекреационного потенциала	7,72	15,21	15,24	22,05
Совокупный объем услуг предприятий ТИ, млрд руб., 2021 г.	296,2	166,1	51,8	125,7
Среднее значение эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала по модели постоянного эффекта масштаба	0,743	0,511	0,517	0,571
Среднее значение эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала по модели переменного эффекта масштаба	1	0,685	0,627	0,752
Необходимое совокупное увеличение объема услуг ТИ для достижения единичной эффективности, млрд руб.	0	45,6	41,4	52,7

Во втором кластере насчитывается 14 субъектов РФ, которые также обладают достаточно высоким потенциалом, но не во всех блоках он максимальный. Лидерами по величине потенциала во втором кластере являются Республика Крым, Ставропольский край, Республика Татарстан, Пермский край и Свердловская область. Различия между третьим и четвертым кластером не столь значительны. Большинство из 33 регионов, входящих в четвертый кластер, характеризуется уровнем потенциала ниже среднего, хотя на их территории могут находиться привлекательные туристские объекты. В состав третьего кластера входят 34 субъекта РФ с невысокими значениями величины туристско-рекреационного потенциала. Однако и среди этих регионов имеются привлекательные для туристов ресурсы. Также отметим, что 17 из 34 регионов из третьего кластера и 13 из 33 регионов четвертого кластера не входят в состав выделенных туристских макротерриторий.

На третьем этапе решалась задача по оценке эффективности реализации имеющегося потенциала, используя метод ДЕА. Результатом применения метода ДЕА являются значения эффективности, рассчитанные с помощью моделей, ориентированных на постоянный и переменный эффект масштаба. Для каждого оцениваемого субъекта определены эталонные регионы и даны рекомендации по наращиванию объема реализации услуг предприятиями туристской индустрии с целью достижения единичной эффективности (табл. 3). Так, для шести регионов второго кластера эталонным регионом (с различными коэффициентами в составе гипотетического объекта) является Ставропольский край, а для четырех – Воронежская область.

На четвертом этапе, чтобы определить влияние компонентов туристско-рекреационного потенциала на величину, характеризующую экономический результат развития туризма в регионах, построена модель линейной регрессии. В рамках моделирования разбили данные на обучающую и тестовую выборки (соотношение выберем 7 к 3). На обучающей выборке построили модель множественной линейной регрессии, используя в качестве целевой и факторных переменных отобранные ранее столбцы. Вычислили коэффициент детерминации R^2 модели на обучающей выборке и рассчитали значимость модели по критерию Фишера. При этом следует учесть, что, если коэффициент детерминации модели низок (меньше 0,7), то модель, используемая для прогнозирования, является не точной. В нашем случае полученное значение R^2 составило 0,877. Как показывают расчеты, коэффициент детерминации высокий, и модель значима по критерию Фишера. Итоговая модель зависимости объема потребления услуг предприятий туристской индустрии имеет вид:

$$\text{Объем услуг предприятий ТИ} = 0,01 + (-0,03) \cdot \text{Природа} + (-0,12) \cdot \text{Культура} + 0,03 \cdot \text{СЭФ} + 0,58 \cdot \text{ТИ};$$

Интерпретация свободного члена может быть представлена следующим образом: при нулевых значениях блоков потенциала «Природные факторы и условия», «Культурно-исторический потенциал», «Социально-экономические факторы», «Туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма» значение Дохода КСР регионов равно 0,01, что, как можно предположить, имеет мало смысла;

Фактор «Природа»: при увеличении показателя Природных факторов и условий на 1 балл объем потребления услуг предприятий туристской индустрии уменьшится на 0,03;

Фактор «Культура»: при увеличении значения Культурно-исторический потенциал на 1 балл объем потребления услуг предприятий туристской индустрии уменьшится на 0,12;

Фактор «СЭФ»: при увеличении значения Социально-экономические факторы на 1 балл объем потребления услуг предприятий туристской индустрии увеличится на 0,03;

Фактор «ТИ»: при увеличении значения Туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма на 1 балл объем потребления услуг предприятий туристской индустрии увеличится на 0,58.

Таблица 3
Table 3

Оценка эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала 2 кластера и эталонные регионы
Assessment of the effectiveness of the tourism-recreational potential realization for the 2nd cluster and the reference regions

Субъекты РФ	Объем услуг предприятий ТИ, млрд руб., 2021	Целевой результат по объему услуг предприятий ТИ, тыс. руб.	Эффективность по модели постоянного масштаба	Эффективность по модели переменного масштаба	Эталонные регионы (и коэффициенты, с которыми они формируют гипотетический объект)					
					Кемеровская область – Кузбасс	0,1	Воронежская область	0,75	Ставропольский край	0,15
Алтайский край	6	7,26	0,383	0,827	Воронежская область	1				
Воронежская область	3,1	3,1	0,243	1	Кемеровская область – Кузбасс	1				
Кемеровская область – Кузбасс	6,02	6,02	0,333	1	Свердловская область	0,12	Воронежская область	0,64	Нижегородская область	0,24
Красноярский край	7,82	8,23	0,48	0,95	Нижегородская область	1	–	–	–	–
Нижегородская область	11,89	11,89	0,6	1	Пермский край	1	–	–	–	–
Пермский край	7,7	7,7	0,424	1	Ставропольский край	0,9	Воронежская область	0,1	–	–
Республика Башкортостан	10,8	26,24	0,397	0,412	Республика Крым	1	–	–	–	–
Республика Крым	31,09	31,09	1	1	Республика Крым	0,02	Ставропольский край	0,98	–	–
Республика Татарстан (Татарстан)	14,9	28,83	0,515	0,517	Ростовская область	1	–	–	–	–
Ростовская область	6,96	6,96	0,284	1	Самарская область	1	–	–	–	–
Самарская область	5,97	5,97	0,316	1	Республика Крым	0,23	Нижегородская область	0,34	Ставропольский край	0,43
Свердловская область	14,1	23,6	0,53	0,595	Ставропольский край	1	–	–	–	–
Ставропольский край	28,79	28,79	1	1	Кемеровская область – Кузбасс	0,17	Ставропольский край	0,48	Воронежская область	0,35
Челябинская область	10,91	15,92	0,511	0,685	–	–	–	–	–	–
Стандартное отклонение	–	–	0,235	0,212						

Рекреационная география и туризм

Коньшев Е.В.

Таким образом, значение объема потребления услуг предприятий туристской индустрии регионов в той или иной степени зависит от всех компонентов туристско-рекреационного потенциала. В этом расчеты подтвердили изначальную гипотезу. Однако только два блока имеют положительное влияние: «Социально-экономические факторы» и «Туристско-рекреационная инфраструктура и занятость в сфере туризма». И если изменение природных факторов и условий, а также культурно-исторического потенциала не представляется возможным в краткосрочной перспективе, то «Социально-экономические факторы» и параметры «Туристско-рекреационной инфраструктуры и занятости в сфере туризма» можно увеличивать с помощью мер государственной и региональной поддержки, например используя механизмы национального проекта «Туризм и индустрия гостеприимства».

В целом, судя по высокому R² на тестовой выборке, можно заключить, что исследовательская модель пригодна для прогнозирования.

Заключение

Для изучения экономико-институционального аспекта устойчивого развития предложен комплексный методологический подход, который опирается на достижения отечественной географии в понимании сущности и структуры территориальных туристско-рекреационных систем, а также современных взглядов на устойчивое развитие туризма. В ходе исследования применялись современные методы оценки туристско-рекреационного потенциала, кластерный анализ для группировки регионов по схожести потенциала, метод ДЕА для оценки эффективности реализации регионального туристско-рекреационного потенциала, линейная регрессия. Результатом использования комплексной методологии является модель, с помощью которой можно предсказывать изменение общей эффективности реализации туристско-рекреационного потенциала в регионе, что напрямую будет способствовать повышению устойчивости региональной-туристско-рекреационной системы.

Библиографический список

1. Анимца Е.Г., Ратнер Н.М., Быстрой Г.П. Теоретические аспекты проблемы устойчивого развития России и ее регионов // Географические проблемы стратегии устойчивого развития природной среды и общества. М., 1996. С. 194–204.
2. Арманд А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. М., 1983. С. 76–87.
3. Багрова Л.А. Рекреационные ресурсы (подходы к анализу понятий) / Л.А. Багрова, В.С. Преображенский, Н.В. Багров // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1977. № 2. С. 5–12.
4. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2012. 576 с.
5. Герасимов С.В., Колесова Ю.А., Коньшев Е.В. [и др.] Устойчивая региональная туристско-рекреационная система Кировской области: теория и практика / под общей ред. Е.В. Коньшева. Киров: Общество с ограниченной ответственностью «Радуга-ПРЕСС», 2015. 254 с. ISBN: 978-5-906544-97-1 EDN: VJSQAZ
6. Государственная программа Российской Федерации «Развитие туризма». Утв. постановлением Правительства РФ № 2439 от 24.12.2021.
7. Котляков В.М., Глазовский Н.Ф., Руденко Л.Г. Географические подходы к проблеме устойчивого развития // Изв. РАН. Серия географическая. 1997. № 6. С. 8–15.
8. Липец Ю.Г. Устойчивость систем в экономической и социальной географии // Устойчивость геосистем. М., 1983. С. 68–73.
9. Мироненко Н.С., Твердохлебов И.Т. Рекреационная география. М., 1981. С. 117. EDN: TWOIFB
10. Моргунов Е.П., Моргунова О.Н. Краткое описание метода Data Envelopment Analysis. URL: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf (дата обращения: 23.12.2024)
11. Официальный сайт ЕМИСС. URL: <https://fedstat.ru/indicator/31003?id=31003> (дата обращения: 01.12.2024)
12. Рубцов В.А., Булатова Г.Н. Устойчивость территориальных систем и некоторые подходы к ее определению // Н.П. Пржевальский и современное страноведение. Изд. СГУ, 1999. С. 128–130.
13. Саранча М.А. Конкурентоспособность туристской сферы стран мира как основа устойчивого развития: методология и результаты оценки / М.А. Саранча // Современные проблемы сервиса и туризма. 2017. Т. 11, № 1. С. 18–24. DOI: 10.22412/1995-0411-2017-11-1-18-24 EDN: XXRRF
14. Саранча М.А. Туристский потенциал территории: проблематика определения сущности и структуры / М.А. Саранча // Науки о Земле. Серия Биология. Вестник Удмуртского университета. 2015. Т. 25, № 1. С. 134–140. EDN: TNCWDF
15. Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Рубцов В.А. Сбалансированное развитие – устойчивое состояние геосистем // Изв. РГО. 1999. Т. 131, Вып.3. С. 9–16.
16. Шабалина Н.В., Власов В.С. Эволюция представлений о туристско-рекреационном потенциале как основе формирования и развития туристско-рекреационных систем // Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования: сб. тр. межд. научн. конф. М.: Советский спорт, 2008. С. 391–399.
17. Шарыгин М.Д., Фоминых С.Б. Иерархия эколого-экономических районов // География и природные ресурсы. 1987. № 1. С. 167–173.
18. Шупер В.А. Устойчивость пространственной структуры систем городского расселения // Факторы и механизмы устойчивости геосистем. М., 1989. С. 46–54.
19. Anne Hardy, Robert J. S., Beeton & Leonie Pearson (2002) Sustainable Tourism: An Overview of the Concept and its Position in Relation to Conceptualisations of Tourism, Journal of Sustainable Tourism. No. 10:6. P. 475–496. DOI: 10.1080/09669580208667183
20. Charnes A. Measuring the Efficiency of Decision Making Units / A. Charnes, W.W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. 1978. Vol. 2. P. 429–444.
21. Coelli T. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis / T. Coelli, D.S. Prasada Rao, G.E. Battese. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.

Рекреационная география и туризм

Коньшев Е.В.

22. Dwyer L., Edwards D., Mistilis N., Roman C., Scott N. Destination and enterprise management for a tourism future. *Tourism Management*. 2009. Vol. 30. P. 63–74.
23. Job H., Vogt L. Freizeit/Tourismus und Umwelt – Umweltbelastungen und Konfliktloesungsansaeetze // *Geographie der Freizeit und des Tourismus: Bilanz und Ausblick*. Muenchen: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004. P. 852–864.
24. Liu C.H., Tzeng G.H., Lee M.H., Lee P.Y. Improving metro–airport connection service for tourism development: Using hybrid MCDM models. *Tourism Management Perspectives*. 2013. Vol. 6. P. 95–107.
25. Sheldon P.J., Abenoja T. Residentatitudes in a mature destination: the case of Waikiki. *Tourism management*. 2001. No. 22 (5). P. 435–443.
26. Smith M. *Issues in Cultural Tourism Studies*. London: Routledge, 2005. P. 137.
27. Zhenhua Liu Sustainable Tourism Development: A Critique, *Journal of Sustainable Tourism*. 2003. No. 11:6. P. 459–475. DOI: 10.1080/09669580308667216

References

1. Animica, E.G., Ratner, N.M., Bystraj, G.P. (1996), “Teoreticheskie aspekty problemy ustojchivogo razvitiya Rossii i ee regionov”, *Geograficheskie problemy strategii ustojchivogo razvitiya prirodnoj sredy i obshchestva*, Pp. 194–204.
2. Armand, A.D. (1983), “Ustojchivost' (gomeostatichestvo) geograficheskikh si-stem k razlichnym tipam vneshnih vozdeystvij”, *Ustojchivost' geosistem*, Pp. 76–87.
3. Bagrova L.A. (1977), “Rekreacionnye resursy (podhody k analizu ponyatij)”, *Izvestiya Akademii nauk SSSR*, № 2. Pp. 5–12. (Seriya: geograficheskaya).
4. Vernadskij V. I. *Biosfera i noosfera*. M.: Ajrispress, 2012. 576 p.
5. Gerasimov V. S., Kolesova YU. A., Konyshev E. V. [i dr.] *Ustojchivaya regional'naya turistsko-rekreacionnaya sistema Kirovskoj oblasti: teoriya i praktika / Pod obshchej redakciej E.V. Konysheva*. – Kirov: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Raduga-PRESS", 2015. 254 p. ISBN 978-5-906544-97-1.
6. Gosudarstvennaya programma Rossijskoj Federacii “Razvitie turizma”. Utv. postanovleniem Pravitel'stva RF №2439 ot 24.12.2021.
7. Kotlyakov, V.M., Glazovskij, N.F., Rudenko, L.G. “Geograficheskie podhody k probleme ustojchivogo razvitiya”, *Izv. RAN. Ser. geogr.*, №6, Pp. 8–15.
8. Lipec, YU.G. (1983), “Ustojchivost' sistem v ekonomicheskoy i social'noj geografii”, *Ustojchivost' geosystem*, Pp. 68–73.
9. Mironenko N.S., Tverdohlebov I.T. *Rekreacionnaya geografiya*. M., 1981. 117p.
10. Morgunov E.P., Morgunova O.N. *Kratkoe opisanie metoda Data Envelopment Analysis*, available at: http://www.morgunov.org/docs/DEA_intro.pdf (data obrashcheniya: 23.12.2024).
11. Oficial'nyj sajт EMISS, available at: <https://fedstat.ru/indicator/31003?id=31003> (data obrashcheniya: 01.12.2024).
12. Rubcov, V.A., Bulatova, G.N. (1999), “Ustojchivost' territorial'nyh sistem i nekotorye podhody k ee opredeleniyu”, *N.P. Przheval'skij i sovremennoe stranovedenie*, Pp.128–130.
13. Sarancha, M.A. (2017), “Konkurentosposobnost' turistskoj sfery stran mira kak osnova ustojchivogo razvitiya: metodologiya i rezul'taty ocenki”, *Sovremennye problemy servisa i turizma*, Vol. 11, № 1. Pp.18–24. DOI 10.22412/1995-0411-2017-11-1-18-24.
14. Sarancha, M. A. (2015), “Turistskij potencial territorii: problematika opredeleniya sushchnosti i struktury”, *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*, Vol. 25, № 1, Pp.134–140.
15. Trofimov, A.M., Kotlyakov, V.M., Seliverstov, YU.P., Rubcov, V.A. “Sbalansirovannoe razvitie – ustojchivoje sostoyanie geosystem”, *Izv.RGO*, Vol.131, №. 3., Pp. 9–16.
16. Shabalina, N.V., Vlasov, V.S. (2008), “Evoluciya predstavlenij o turistsko-rekreacionnom potencie kak osnove formirovaniya i razvitiya turistsko-rekreacionnyh system”, *Turizm i rekreaciya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya*, M., Pp. 391–399.
17. Sharygin, M.D., Fominyh, S.B. (1987), “Ierarhiya ekologo-ekonomicheskikh rajonov”, *Geografiya i prirodnye resursy*, № 1, Pp. 167–173.
18. Shuper, V.A. (1989), “Ustojchivost' prostranstvennoj struktury sistem gorodskogo rasseleniya”, *Faktory i mekhanizmy ustojchivosti geosystem*, Pp. 46–54.
19. Anne Hardy, Robert J. S. Beeton & Leonie Pearson (2002) Sustainable Tourism: An Overview of the Concept and its Position in Relation to Conceptualisations of Tourism, *Journal of Sustainable Tourism*, 10:6, 475–496, DOI: 10.1080/09669580208667183.
20. Charnes, A., Cooper W. W., Rhodes E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2. Pp. 429–444.
21. Coelli, T. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis* / T. Coelli, D. S. Prasada Rao, G. E. Battese. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 275 p.
22. Dwyer, L., Edwards, D., Mistilis, N., Roman, C., & Scott, N. (2009). Destination and enterprise management for a tourism future. *Tourism Management*, Vol. 30, 63–74.
23. Job, H., Vogt, L. (2004), “Freizeit/Tourismus und Umwelt – Umweltbelastungen und Konfliktloesungsansaeetze”, *Geographie der Freizeit und des Tourismus: Bilanz und Ausblick*, P. 852-864.
24. Liu, C. H., Tzeng, G. H., Lee, M. H., & Lee, P. Y. (2013). Improving metro–airport connection service for tourism development: Using hybrid MCDM models. *Tourism Management Perspectives*, Vol. 6, 95–107.
25. Sheldon P. J., Abenoja T. Residentatitudes in a mature destination: the case of Waikiki. *Tourism management*, 2001. – 22 (5), P. 435-443.
26. Smith M. *Issues in Cultural Tourism Studies*. London: Routledge, 2005. P. 137.
27. Zhenhua Liu (2003) Sustainable Tourism Development: A Critique, *Journal of Sustainable Tourism*, 11:6, 459-475, DOI: 10.1080/09669580308667216.

*Рекреационная география и туризм**Коньшев Е.В.*

Статья поступила в редакцию: 22.12.24, одобрена после рецензирования: 01.04.25, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 22 December 2024; approved after review: 1 April 2025; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторе

Евгений Валерьевич Коньшев

кандидат географических наук, доцент,
заведующий кафедрой социально-
экономической географии,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Information about the author

Evgeny V. Konyshov

Candidate of Geographical Sciences,
Head of the Department
of Socio-Economic Geography,
Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: konj@bk.ru

Научное издание

Географический вестник
Geographical Bulletin

Выпуск №2(73)/2025

Редактор *А.С. Серебrenиков*
Корректор *С.А. Вороненко*
Компьютерная верстка *М.К. Пехтерева*

Подписано в печать 25.06.2025. Выход в свет 30.06.2025.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 23,25. Тираж 500 экз. Заказ № 75

Пермский государственный национальный исследовательский университет
Управление издательской деятельности
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Тел. (342) 239-66-36

Отпечатано в типографии ПГНИУ
614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Тел. (342) 239-65-47

Подписка на журнал осуществляется через сайт подписного агентства «Урал-пресс»
https://www.ural-press.ru/catalog/97266/8651105/?sphrase_id=396141. Подписной индекс 41001

Распространяется бесплатно и по подписке