

Географический вестник
= *Geographical bulletin*

Выпуск 4/2024

Научный журнал

Основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год

Geographical Bulletin

Issue 4/2024

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)

Анимица 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., проф. кафедры физической географии и ландшафтоведения Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

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

Колейка Яромир, Doc.RNDr., Институт геоники Академии наук Чехии (Острава, Чехия)

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

Паллот Джудит, PhD, проф. Колледжа Christ Church университета Oxford, специалист в области Human Geography of the Russian Federation (Оксфорд, Великобритания)

Пехланер Харальд, д.н., проф. кафедры туризма Католического университета Эйхштетта – Ингольштадт (Эйхштетт, Германия), (Lehrstuhl Tourismus / Zentrum für Entrepreneurship Katholische Universität Eichstätt – Ingolstadt)

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, Professor of the Department of Physical Geography and Landscape Studies of the Lomonosov Moscow State University, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

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

Kolejka Jaromir, Doc. RNDr., Institute of Geonics of the CAS (Ostrava, Czech Republic)

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)

Pallot Judith, PhD, Professor of the Human Geography of Russia, Christ Church College, Oxford University (Oxford, Great Britain)

Pechlaner Harald, Doctor of Science, Professor of the Department of Tourism Catholic University of Eichstett-Ingolstadt, (Lehrstuhl Tourismus / Zentrum für Entrepreneurship Katholische Universität Eichstätt – Ingolstadt) (Eichstett, Germany)

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 Виталий Германович, д.г.н.,
заведующий кафедрой гидрологии и охраны
водных ресурсов ПГНИУ (Пермь, Россия)

Калинин Николай Александрович, д.г.н., проф.,
заведующий кафедрой метеорологии и охраны
атмосферы 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., доцент
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)

Vitaly G. Kalinin, Doctor of Geographical Sciences,
Professor, Head of the Department of Hydrology and
Water Conservation, PSU (Perm, Russia)

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

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

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

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

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

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

Andrey N. Shikhov, Doctor of Geographical Sciences,
Associate 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
Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А., Соловьева Е.Е., Самаркина А.А. Накопление органического вещества в донных отложениях озер Камско-Кельтминской низменности (Пермское Предуралье) в позднеледниковье и голоцене	6	Kopytov S.V., Sannikov P.Yu., Mekhonosh- ina E.A., Solovyova E.E., Samarkina A.A. Organic matter accumulation in bottom sediments of lakes of the Kama-Keltma Lowland (Perm Cis-Urals) in the Late Glacial and Holocene
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ	15	ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL GEOGRAPHY
Потоцкая Т.И. Географическое содержание официальных документов, регламентирующих современную морскую политику России	15	Pototskaya T.I. Geographical content of official documents regulating the modern maritime policy of Russia
Ступин Ю.А. Геодемографическая обстановка в Финляндии в XXI веке	25	Stupin I.A. Geodemographic situation in Finland in the 21st century
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Региональная структура пригородных пассажирских железнодорожных перевозок России и место в ней Санкт-Петербурга	41	Andreeva T.A., Kuzin V.Yu., Martynov V.L., Sazonova I.E. The regional structure of suburban passenger rail transportation in Russia and the place of St. Petersburg therein
Сёмин П.О. Применение открытых данных налоговой службы для экономико-географического анализа	54	Syomin P.O. Application of the tax service open data for analysis in economic geography
Кашин А.А. Отраслевая структура экономики Удмуртии как фактор регионального развития	67	Kashin A.A. The sectoral structure of the economy of Udmurtia as a factor in the regional development.
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д. Динамика демографического развития регионов азиатской части России	79	Zangeeva N.R., Batomunkuev V.S., Ulzetueva A.D. Demographic situation dynamics in the regions of the Asian part of Russia
МЕТЕОРОЛОГИЯ	91	METEOROLOGY
Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А., Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И., Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В. Оценка воспроизводимости региональными метеорологическими моделями (на примере WRF-ARW) острова тепла арктического города (Апатиты) в условиях «теплой зимы»	91	Konstantinov P.I., Kospanov A.A., Maratkanova V.S., Bekryaev I.R., Narimanidze A.A., Golikov A.D., Ermakov V.E., Zubova M.E., Semyonova A.A., Antipina U.I., Malyutin I.V., Shuvalov S.V., Gushchina D.Yu., Mukhartova Yu.V. Assessment of the reproducibility by regional meteorological models (WRF-ARW) of an urban heat island in the arctic town (Apatity) under 'warm winter' conditions

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	106	ECOLOGY AND NATURE USE
Рыбаков Д.С. Влияние городской среды на элементный состав вод реки Лососинки (г. Петрозаводск)	106	Rybakov D.S. Influence of the urban environment on elemental composition of the Lososinka River waters (the city of Petrozavodsk)
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В. Особенности бактериальных сообществ донных отложений в районе хронического поступления углеводородов	121	Egorova D.O., Khotyanovskaya Yu.V. Features of bacterial communities of bottom sediments in the area of chronic hydrocarbon entry
Зобков М.Б., Зобкова М.В. Загрязнение водосборов малых озер Карелии антропогенным мусором в результате рекреационной деятельности	133	Zobkov M.B., Zobkova M.V. Contamination of watersheds of small Karelian lakes with anthropogenic litter caused by recreation activities.
Семакина А.В. Картографирование загрязнения атмосферного воздуха на территории Российской Федерации	145	Semakina A.V. Mapping of atmospheric air pollution in the territory of the Russian Federation
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ	160	RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM
Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И. Геотеги как источник данных для исследований массовых посещений святых родников и источников (на примере Ленинградской области)	160	Golubchikov Yu.N., Stepanova E.I. Geotags as a data source for research on mass visits to holy springs and wells (the case of the Leningrad region)
Кошечев Д.А. Пермская географическая школа в теории туристских кластеров: история, традиции, перспективы	171	Koshcheev D.A. Perm geographic research school within the tourism cluster theory: history, traditions, prospects
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ	183	THEORETICAL GEOGRAPHY
Черкашин А.К. Географическая герменевтика: понятия, модели и методы исследования	183	Cherkashin A.K. Geographical hermeneutics: concepts, models and research methods

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.8:56.074.6

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-6-14

НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР КАМСКО-КЕЛЬТМИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (ПЕРМСКОЕ ПРЕДУРАЛЬЕ) В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Сергей Владимирович Копытов¹, Павел Юрьевич Санников², Елизавета Алексеевна Мехоношина³,
Елизавета Евгеньевна Соловьева⁴, Александра Андреевна Самаркина⁵

^{1,2,3,4,5} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹ kopytov@psu.ru

² sol1430@gmail.com

³ elizamkh@mail.ru

⁴ solovyva_liza@bk.ru

⁵ alya.samarkina.01@mail.ru

Аннотация. В трех колонках донных отложений, отобранных в озерах Новожилово и Чёлвинское, при помощи метода потерь массы при прокаливании было определено содержание органического вещества. Мощность колонок составила от 2,8 до 5,2 м. Нижняя часть вскрытых скважиной NZH-1 отложений формировалась в позднеледниковье, скважины NZH-2 и CHOL-1 охватывают весь голоцен. Впервые для Пермского Прикамья получена подробная датированная летопись изменения биопродуктивности озерных экосистем за последние 14 тыс. лет. В кернах по динамике содержания органического вещества выделены шесть периодов осадконакопления, имеющие близкие характеристики. В колонках отмечены три этапа повышенного накопления органического вещества – в межстадиале бёллинг-аллерёд, в начале и середине голоцена. Данные периоды накопления органического вещества связаны в основном с интенсивностью продукционных процессов в озерах, которые, в свою очередь, являются производной климатических изменений в позднеледниковье и голоцене. Из палеогеографических событий регионального масштаба активные перестройки флювиальных систем, изменение стока и физического выветривания на водосборе озер в позднеледниковье и раннем голоцене проявляются в трансформациях органического осадконакопления. Для выделенных периодов установлены скорости (темпы) аккумуляции отложений с помощью байесовского возрастного моделирования. Проведена корреляция с региональными изменениями растительных сообществ, запечатленных в палиноспектрах опорных разрезов позднеледниковья – голоцена.

Ключевые слова: донные отложения, озерное осадконакопление, органическое вещество в отложениях, потери при прокаливании, озеро Новожилово, озеро Чёлвинское

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-00086, <https://rscf.ru/project/22-77-00086/>

Для цитирования: Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А., Соловьева Е.Е., Самаркина А.А. Накопление органического вещества в донных отложениях озер Камско-Кельтминской низменности (Пермское Предуралье) в позднеледниковье и голоцене // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 6–14. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-6-14

PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-6-14

ORGANIC MATTER ACCUMULATION IN BOTTOM SEDIMENTS OF LAKES OF THE KAMA-KELTMA LOWLAND (PERM CIS-URALS) IN THE LATE GLACIAL AND HOLOCENE

Sergey V. Kopytov¹, Pavel Yu. Sannikov², Elizaveta A. Mekhonoshina³, Elizaveta E. Solovyova⁴, Alexandra A. Samarkina⁵

^{1,2,3,4,5} Perm State University, Perm, Russia

¹ kopytov@psu.ru

² sol1430@gmail.com

³ elizamkh@mail.ru

⁴ solovyva_liza@bk.ru

⁵ alya.samarkina.01@mail.ru

Abstract. In three sediment cores collected from the lakes Novozhilovo and Chelvinskoye, the organic matter content was analyzed by measuring the loss on ignition (LOI). The cores ranged in thickness from 2.8 to 5.2 meters. The lower part of the sediment uncovered by core NZH-1 was deposited during the Late Glacial, while cores NZH-2 and CHOL-1 covered the entire



Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

Holocene. It is for the first time that a detailed chronology of changes in lake ecosystem productivity over the past 14 ka has been obtained for the Perm Cis-Urals. Based on the dynamics of the organic matter content in the cores, six periods with similar sedimentation characteristics were identified. Three stages with increased accumulation of organic matter were observed in the cores: during the Bölling–Allerød Interstadial, at the beginning and in the middle of the Holocene. These periods of organic matter accumulation were mainly associated with the intensity of lake production processes which, in turn, were a result of climatic changes during the Late Glacial and Holocene. On a regional scale, paleogeographical events, such as the active restructuring of river systems, changes in runoff, and physical weathering within the lake catchment area, all contribute to changes in organogenic sedimentation rates. For the selected time periods, sediment accumulation rates were determined using Bayesian age modeling, and a correlation was found with regional changes in plant communities recorded in the palynological spectra of reference sections from the Late Glacial to Holocene.

Keywords: bottom sediments, lacustrine sedimentation, organic matter in sediments, loss on ignition, Lake Novozhilovo, Lake Chelvinskoye

Funding. The study was funded by the Russian Science Foundation, project No. 22-77-00086, <https://rscf.ru/project/22-77-00086/>

For citation: Kopytov, S.V., Sannikov, P. Yu., Mekhonoshina, E.A., Solovyova, E.E., Samarkina, A.A. (2024). Organic matter accumulation in bottom sediments of lakes of the Kama-Keltma Lowland (Perm Cis-Urals) in the Late Glacial and Holocene. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 6–14. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-6-14

Введение

Выявление флуктуаций накопления органического вещества (ОВ) в отложениях озер в позднеледниковье и голоцене позволяет обнаружить относительно кратковременные или слабо выраженные изменения палеогеографических условий. Соотношение содержания терригенного и органогенного веществ в озерных отложениях и его

изменение во времени дают возможность реконструировать периоды максимальной биопродуктивности водных экосистем и периоды ее спада, которые тесно связаны с колебаниями ряда климатических параметров [4; 11]. Существенную роль могут играть и денудационные процессы на водосборном бассейне озера. Например, резкое увеличение содержания минерального вещества в озерных осадках может свидетельствовать об усилении эрозионно-аккумулятивных или эоловых процессов [5; 13].

В этой связи особенно актуальным становится анализ содержания ОВ в донных отложениях озер при решении дискуссионных проблем палеогеографии северо-восточного сектора европейской России (рис. 1 а). Перестройки речных бассейнов, изменение руслового режима рек на Камско-Вычегодском водоразделе (рис. 1 б) во второй половине неоплейстоцена и голоцене не раз становились объектом пристального внимания российских и зарубежных коллективов исследователей [2; 3; 6; 17; 18]. Наличие следов активизации эрозионных процессов в осадочных комплексах пойм и реликтовых каналов стока [9; 16] предопределило поиск новых палеоархивов, способных отразить климатообусловленные отклики высокого разрешения. В южной части водораздела к таким можно отнести озера, которые разбросаны в пределах верховых болот в южном расширении Камско-Кельтминской низменности.

С целью реконструкции наиболее характерных периодов органогенного и минерального осадконакопления мы решаем следующие задачи: расчет темпов (скоростей) аккумуляции донных отложений на основе радиоуглеродного датирования, анализ содержания ОВ в осадке методом потерь при прокаливании (ППП), выявление изменений биопродуктивности озерных экосистем в позднеледниковье и голоцене (рост, снижение, стабилизация).

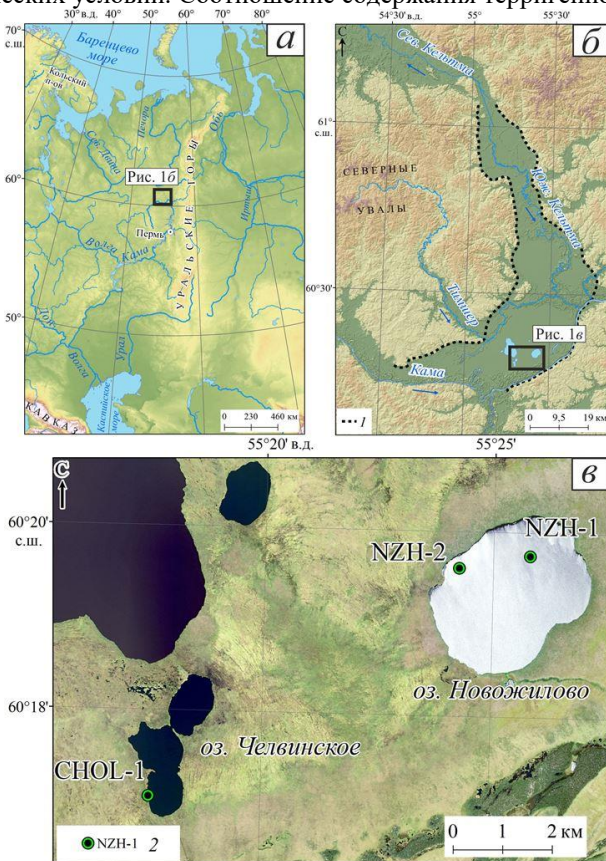


Рис. 1. Местоположение района исследований
а – положение озер Новожилово и Чёлвинское на карте Восточно-Европейской равнины; б – Камско-Вычегодский водораздел; в – местоположение пробуренных скважин.

Условные обозначения:

- 1 – контур Камско-Кельтминской низменности;
2 – скважины

Fig. 1. Location of the study area
а – the position of lakes Novozhilovo and Chelvinskoye on the map of the East European Plain; б – Kama-Vychegodskiy watershed; в – location of the drill cores

- Legend: 1 – contour of the Kama-Keltma Lowland;
2 – core holes

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

Материалы и методы

В летний и зимний периоды 2021–2023 гг. на озерах Новожилово и Чёлвинское были измерены глубины эхолотом с лодки и лотом с поверхности льда. Максимальная глубина оз. Новожилово составила 3,7 м, оз. Чёлвинское – 5 м. С помощью поршневого бура Ливингстона в зимнее время получены керны из опорных скважин NZH-1, NZH-2, CHOL-1 (рис. 1 в).

Жидкостно-сцинтилляционным (LSC) и методом ускорительной масс-спектрометрии (AMS) определен радиоуглеродный возраст 14 образцов органического, минерального сапропеля и торфа по валовому органическому углероду, а также остатков древесины (табл. 1). Датирование методом LSC и пробоподготовка образцов для анализа методом AMS произведены в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН, измерение – в Центре изотопных исследований Университета Джорджии (США). Калибровка радиоуглеродных дат выполнена в программе Calib 8.10 с использованием калибровочной кривой IntCal20 [19].

Модели роста осадка (возрастные модели) построены на основе радиоуглеродных датировок байесовским методом в пакете Bacon среды R 4.3.2 [15]. Помимо модели «глубина–возраст» построены графики темпов (скорости) осадконакопления (см/тыс. лет) в зависимости от глубины и календарного возраста (рис. 2, 3).

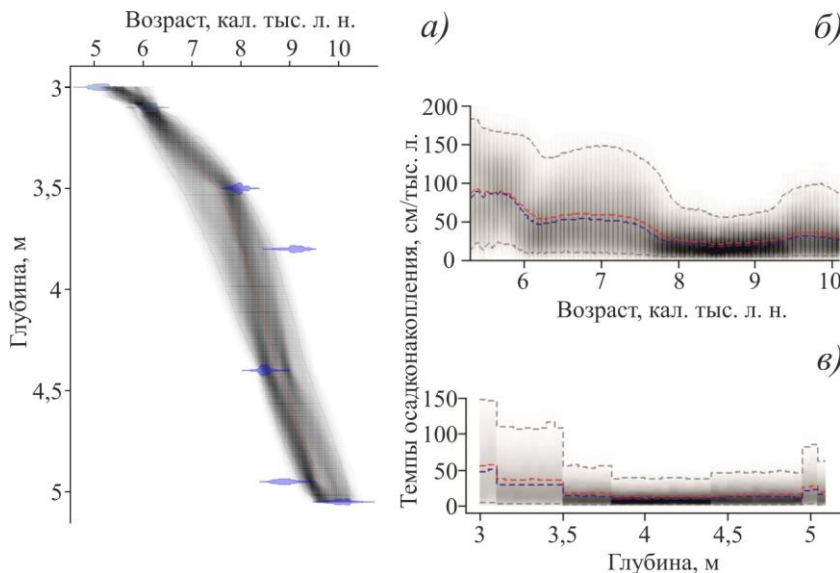


Рис. 3. Глубинно-возрастная модель и скорость накопления отложений, вскрытых скважиной NZH-2. а – график глубинно-возрастной модели; зависимости скорости осадконакопления: б – от календарного возраста, в – от глубины

Fig. 3. Depth-age model and rate of accumulation of NZH-2 core sediments

а – graph of the depth-age model; dependence of the sedimentation rate:

б – on calendar age; в – on depth

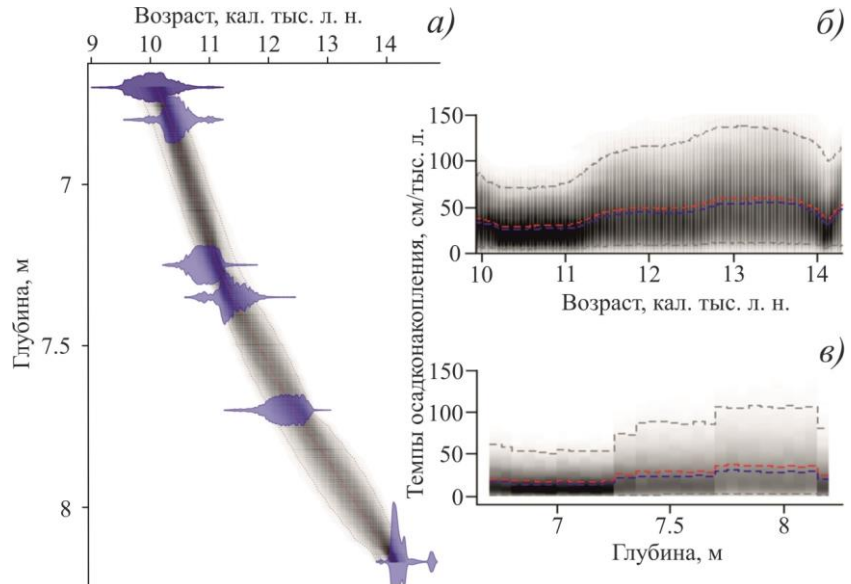


Рис. 2. Глубинно-возрастная модель и скорость накопления отложений, вскрытых скважиной NZH-1.

а – график глубинно-возрастной модели; зависимости скорости осадконакопления: б – от календарного возраста, в – от глубины

Fig. 2. Depth-age model and rate of accumulation of NZH-1 core sediments

а – graph of the depth-age model; dependence of the sedimentation rate:

б – on calendar age; в – on depth

Анализ образцов на ППП выполнен с шагом 5 см в лаборатории фациально-генетических исследований геосистем Пермского университета согласно методике [14]. На первом этапе образцы объемом 5–10 мл, помещенные в фарфоровые тигли, высушивались при температуре 105 °С на протяжении 4 ч. Далее производилось последовательное прокалывание при температуре 550 °С в течение 2 ч. Потери в весе определялись после каждого этапа путем взвешивания на электронных весах. Результирующие значения вычислялись следующим образом: $ППП_{550} = ((DW_{105} - DW_{550}) / DW_{105}) \times 100$, где DW – сухой вес. Согласно [14], ППП 550 позволяют оценить содержание ОВ в осадке.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,
Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

Таблица 1

Результаты радиоуглеродного датирования
Radiocarbon dating results

№ n/n	Лаб. номер IGAN	Скважина	Глубина, м	Материал	Метод	¹⁴ C дата, л. н.	Калиброванный возраст, л. н.		
							1σ	2σ	медиана
1	10417	NZH-1	6,6–6,7	Сапропель	LSC	8950±190	9730– 10246	9545– 10442	10109
2	10418		6,7–6,8			9220±130	10244– 10513	10151– 10765	10321
3	10419		7,15–7,25			9580±120	11183– 11405	10641– 11206	11129
4	10420		7,25–7,35			9870±110	10746– 11111	11077– 11751	11386
5	10421		7,6–7,7			10440±130	12097– 12409	11928– 12706	12420
6	10517		8,17	Древесина	AMS	12240±40	14075– 14189	14053– 14318	14146
7	10422	NZH-2	2,9–3	Сапропель оторфованный	LSC	4480±80	5039– 5147	5154– 5288	5150
8	10423		3–3,1			5360±80	6168– 6214	6006– 6082	6125
9	10424		3,4–3,5	Торф		7150±90	7847– 7904	7915– 8034	7909
10	10425		3,7–3,8			8160±95	9166– 9273	9000– 9153	9159
11	10426		4,3–4,4	Сапропель оторфованный		7680±90	8394– 8544	8323– 8645	8469
12	10427		4,85–4,95	Торф		8030±100	8721– 9023	8597– 9140	8872
13	10428		4,95–5,05	Сапропель оторфованный		8970±110	9909– 10080	9687– 10305	9994
14	10429		CHOL-1	5,9–6		Торф	8100±90	8975– 9140	8693– 9291

Результаты

Литологическое строение отложений. В колонке NZH-1 последовательно (сверху вниз) вскрыты (рис. 4 а): 3–7 м – сапропель коричневатый, слабо консолидированный, с растительными остатками на глубине 4,5 м; 7–7,65 м – сапропель плотный, зеленовато-желтоватый, минерализованный; 7,65–8,1 м – сапропель серый (буровато-серый), минеральный, с единичными растительными остатками, по всему слою зерна тонкозернистого песка; к низу минерализация увеличивается, и он становится плотнее; 7,85 м – прослой сильно оторфованный (мощность 3 см); 8,1–8,2 м – песок тонкозернистый с прослоями торфа (до 2–3 см), с фрагментами древесины в торфе.

В текстуре осадков нижней части керна скважины NZH-1 на уровне 7,8–8,2 м прослеживается ритмичная слоистость, проявляющаяся в чередовании плотного минерального буровато-серого и темного оторфованного сапропеля, торфа и светлых опесчаненных слоев. Выше материал постепенно обогащается ОВ, становится все более оторфованным, вязким и однотонным.

В керна скважины NZH-2 (рис. 4 б) последовательно вскрыты: 2,5–3,15 м – сапропель коричневатый слабо консолидированный; 3,15–4,34 м – торф светло-коричневый; 4,34–4,8 м – сапропель оторфованный, темно-коричневый; 4,80–4,95 м – торф коричневатый, хорошо разлагаемый; 4,95–5,29 м – сапропель буровато-серый с растительными остатками, сильно опесчаненный; 5,29–5,3 м – песок мелкозернистый, серый.

В строении скважины NZH-2, меньшей по мощности извлеченного керна, наблюдается чередование органо-минерального и минерального сапропеля, а также довольно мощных толщ торфа светло-коричневых и коричневых оттенков. Скважина пробурена на северо-западной окраине озера, где средние глубины составляют 2–2,5 м. Чередование толщ сапропеля и торфа в верхней части разреза указывает на проявление ритмичности лимнологических процессов в условиях изменения глубины озера.

При рекогносцировочном зондировании строения донных отложений оз. Чёлвинское выяснилось, что максимальные глубины не соответствуют наибольшей мощности осадка. Опорная скважина CHOL-1 (рис. 1 в) была пробурена в западной части озера в небольшом заливе. Строение извлеченного керна, как и в случае с NZH-2, представляет собой ритмичное чередование толщ сапропеля и торфа. В колонке (рис. 4 в) вскрыты следующие отложения: 2,9–3,6 м – сапропель темно-коричневый слабоконсолидированный; 3,6–4,25 м – сапропель коричневатый с растительными остатками; 4,25–6 м – торф коричневатый и темно-коричневый, хорошо разлагаемый, плотный; 6–6,09 м – сапропель плотный, оливково-бурый, минеральный; 6,09–6,1 м – песок мелкозернистый, серый.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,
 Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

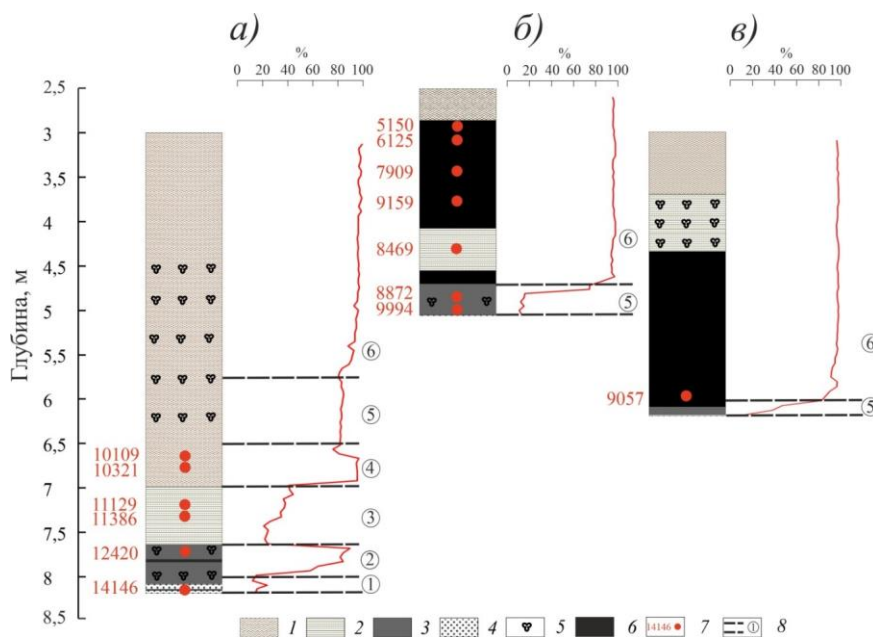


Рис. 4. Литологическое строение изученных кернов и кривые содержания ОВ. а – скважина NZH-1, б – скважина NZH-2, в – скважина CHOL-1. Условные обозначения: 1 – сапропель коричневый слабоконсолидированный; 2 – сапропель плотный, зеленовато-желтоватый; 3 – сапропель серый (буровато-серый), минерализованный; 4 – песок; 5 – растительные остатки; 6 – торф; 7 – калиброванная радиоуглеродная дата; 8 – положение и номера периодов органогенного осадконакопления

Fig. 4. Lithological structure of the studied cores and organic matter content curves

a – core NZH-1, б – core NZH-2, в – core CHOL-1

Legend: 1 – brown, slightly consolidated sapropel; 2 – dense, green-yellow sapropel; 3 – gray (brown-gray), mineralized sapropel; 4 – sand; 5 – plant remains; 6 – peat; 7 – calibrated radiocarbon date; 8 – position and numbers of the organogenic sedimentation periods

Возраст формирования донных отложений. Результаты радиоуглеродного датирования представлены в табл. 1. Нижняя часть керна NZH-1 (глубина 6,6–8,2 м) охватывает переходный период от позднего неоплейстоцена к голоцену. На основании возрастной модели можно утверждать, что самые высокие темпы аккумуляции отложений свойственны глубине 7,7–8,2 м. Скорость 120–130 см/тыс. лет была характерна для периода 14000–12500 кал. л. н. (рис. 2).

Наиболее полно датированный керн NZH-2 охватывает весь голоцен. Начало озерного осадконакопления укладывается в интервал 10305–9687 кал. л. н. Одна датировка оказалась неконвенциональной (инверсия на глубине 3,7–3,8 м) – 8160±95 ¹⁴C лет (IGAN-10425). Темпы осадконакопления на протяжении голоцена были различными. Самые высокие скорости аккумуляции были присущи раннему голоцену (10000–9400 кал. л. н.) – примерно 100–120 см/тыс. лет, а также позднему голоцену (порядка 150–180 см/тыс. лет). Самые низкие скорости накопления относятся к глубинам 3,6–4,3 м – 1 тысяча лет уходила на формирование менее 50 см осадка.

Начало формирования озерных отложений, вскрытых в скважине CHOL-1, определено также началом голоцена – 9291–8693 кал. л. н.

Содержание ОВ. Ход кривой содержания ОВ, основанный на методе измерения ППП, выявил следующие закономерности: максимальное содержание ОВ в колонке NZH-1 (рис. 4 а) наблюдается на глубинах 3,2–5,4, 6,7–6,95, 7,7–7,85 м. Самые высокие значения характерны для верхней части керна, средняя величина составляет 93 %, при максимальном значении 97 % в придонном слое на глубине 3,2 м.

Второй интервал повышения ППП (6,5–7 м) приурочен к переходу от коричневого слабоконсолидированного к плотному бурому сапропелю. Максимальное значение содержания ОВ отмечено на глубине 6,7 м – 94,4 %. На глубине 7–7,7 м определено резкое понижение содержания ОВ – среднее значение составляет 30 %, максимальное – 42,5 % (на глубине 7,1 м). В нижележащем слое (7,7–8 м) ППП увеличиваются в 2,5 раза до среднего значения в 74,8 %, при этом максимальная величина связана с глубиной 7,7 м – 87,4 %.

В керне скважины NZH-2 самые низкие значения ППП относятся к нижней части разреза: в интервале глубин 5–5,25 м минимальная величина содержания ОВ находится на уровне 9,4 %. Выше по керну количество органики увеличивается: после переходной фазы (4,85–4,95 м) значения ППП сохраняются на уровне не менее 93 %. Максимальное значение (98 %) зафиксировано на глубинах 3,2 и 4,15 м. Среднее значение в интервале глубин 2,5–4,6 м составляет 96,1 %.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

Содержание ОВ в колонке CHOL-1 в целом схоже с керном скважины NZH-2. В интервале глубин 3,15–5,95 м среднее значение ППП составляет 96,6 %, а максимальное – 98,6 % на глубинах 3,8 и 4,35 м. В нижней части керна, в интервале глубин 5,8–5,9 м, содержание ОВ сокращается до 86 % в среднем. Среднее значение ППП образцов из минерального сапропеля и песка на глубинах 5,95–6,1 м составило 30 %.

Обсуждение результатов

На основании полученных данных (радиоуглеродных дат и изменения биопродуктивности) можно сделать предварительный вывод об этапности органогенного осадконакопления в озерах Камско-Кельтминской низменности. Этапы обозначены цифрами 1, 2, 3, 4, 5, 6, где 1 этап – самый древний (рис. 4, табл. 2). Поздненеоплейстоценовые периоды 1–4 выделены только в колонке NZH-1.

Таблица 2

Значения ППП в выделенных периодах органогенного осадконакопления
LOI values in the selected periods of organogenic sedimentation

Скважина	Средние значения ППП по периодам органогенного осадконакопления, %					
	1	2	3	4	5	6
NZH-1	14	74,8	30	87	80	93
NZH-2	–	–	–	–	10	96,1
CHOL-1	–	–	–	–	30	96,6

Первый период осадконакопления. Этап длился 14150–13500 кал. л. н., что соответствует по времени позднеледниковью – началу межстадиала бёллинг-аллерёд. Средние значения ППП были низкими и составили 14 %, что соответствует органоминеральному осадку и *озерно-аллювиальным условиям*. Граница между периодами 1 и 2 – эрозионная, с резким повышением значений содержания ОВ, что соответствует завершению этапа активного размыва отложений. Темпы аккумуляции на глубине 8–8,2 м слойков песка, торфа, сапропеля мощностью 1–3 см были очень интенсивными (130 см/тыс. лет). Для этапа бёллинг-аллерёд было присуще продвижение на север лесных экосистем до 60 ° с.ш. и распространение разреженных хвойных и мелколиственных лесов в сочетании с тундровыми и степными сообществами [8].

Второй период осадконакопления. Этап характеризуется относительной стабилизацией уровня сформированного водоема и преобладанием органогенного над минеральным осадконакоплением. Согласно возрастной модели, длился этот период 13500–12420 кал. л. н., что соответствует аллерёдскому потеплению. Средние значения ППП на глубине 7,7–8 м составляют 74,8 %. Темпы осадконакопления оставались также высокими (120 см/тыс. лет). В литологическом отношении в это время происходило накопление плотного бурого сапропеля. В изученных палиноспектрах аллерёда отмечается значительное содержание пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae*, *Superaceae*, что свидетельствует о широком распространении перигляциальных ландшафтов [8]. При этом фиксируется довольно высокий процент пыльцы древесных пород (25–70 %), в основном сосны и ели.

Третий период осадконакопления. Этап продолжительностью 12420–10700 кал. л. н. соответствует глубинам 7–7,7 м. В это время наблюдается достаточно существенное сокращение средних значений ППП (до 30 %). Это время соотносится с поздним дриасом, когда в палиноспектрах высоких широт Русской равнины отмечается господство открытых ландшафтов перигляциального типа с преобладанием марево-полянных группировок, наличие остепненных участков с эфедрой [1; 8]. Темпы осадконакопления начинают снижаться и к глубине 7 м составляют порядка 50–60 см/тыс. лет. Конец третьего периода ознаменован полным переходом к биогенному осадконакоплению в озере и замедлению интенсивности аккумуляции.

Четвертый период осадконакопления характеризуется увеличением содержания ОВ почти в 3 раза (в среднем до 87 %). Этап длился 10700–10000 кал. л. н., что соответствует началу голоцена. Этап был достаточно скоротечным – накопление сапропеля протекало на глубинах 6,5–7 м со скоростью около 50 см/тыс. лет. Согласно палинологическим данным [10], в это время происходит замещение перигляциальных растительных сообществ лесной растительностью, что было типично для территории Восточно-Европейской равнины во время перехода от позднего неоплейстоцена к раннему голоцену.

Пятый период осадконакопления. Этап выделяется во всех трех колонках. В это время происходит небольшое снижение показателей ППП – средние значения падают до 80 % в колонке NZH-1, до 10 и 42 % в кернах NZH-2 и CHOL-1 соответственно. Этап продлился 10000–8800 кал. л. н. с накоплением плотных сапропелей со скоростями около 80 см/тыс. лет в скважине NZH-2. Замедление роста накопления ОВ при общем повышении темпов аккумуляции отложений вполне могло быть вызвано кратковременным повышением повторяемости высоких половодий в Каме и увеличением ее твердого стока, что неоднократно происходило в раннем голоцене [16]. В Верхнем Прикамье в это время были широко распространены светлохвойные и мелколиственные леса таежного типа с доминированием в древостое сосны обыкновенной и березы. В береговой зоне и по влажным пойменным лугам произрастали злаки, осоки и разнотравье. Кустарниковые заросли речной долины Камы формировали ивы [16].

Шестой период осадконакопления характеризуется стабильно высокими показателями накопления ОВ. В трех колонках средние значения ППП составляют не менее 93 %. На заключительном этапе развития озеро начало переживать стадию «зрелости» [7] с относительным выравниванием поверхности дна водоема. Длительность этапа оценивается в 8800–5000 кал. л. н., что хронологически соответствует среднему голоцену. С точки зрения

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

мощности накопления отложений, это самый длительный этап и в кернах составляет не менее 2 м осадка. Средние темпы накопления отложений в скважине NZH-2 в это время насчитывают около 50 см/тыс. лет с некоторым повышением до 150 см/тыс. лет в придонном слое. Начало среднего голоцена в Верхнем Прикамье ассоциируется с появлением и распространением широколиственных пород в составе лесов. В интервале от 7900 до 6800 кал. л. н. увеличивается роль ели в древостое [16].

Результаты достаточно хорошо согласуются с выводами исследователей, изучавших озера похожей по своим ландшафтным признакам Молого-Шекснинской низменности [12], а также отложения Ладожского озера [4; 5]. По признакам изменения содержания ОБ, соотношения минеральной и органической аккумуляции в позднеледниковье были зарегистрированы выраженные условия эрозионной активности в периоды около ~ 14000 и ~ 13000 кал. л. н. Основным фактором, определявшим характер осадконакопления, соотносится с объемом и темпами поступления в озеро литогенного материала в результате физического выветривания пород на водосборе и с увеличением стока [20]. Стабильно высокое содержание ОБ характерно также и для голоцена.

Заключение

В колонках донных отложений, отобранных в озерах Новожилово и Чёлвинское, обнаружено отчетливое сходство в голоценовой динамике накопления органического вещества. В позднеледниковье изменение биопродуктивности было более значительным и кратковременным. Это позволило выделить шесть периодов органического осадконакопления. В колонках отмечены три этапа повышенного накопления ОБ – в межстадиале бёллинг-аллерёд, в начале и середине голоцена. Выделены и эпизоды спада содержания органики – в начале позднеледниковья, позднем дриасе и первой половине голоцена. Наибольшее сходство в содержании ОБ во всех колонках отмечено для завершающей фазы развития озера, когда скорости накопления отложений были стабильно низкими, а водоем переживал стадию «зрелости».

Библиографический список

1. Зеликсон Э.М. К характеристике растительности Европы в Аллерёде // Короткопериодные и резкие ландшафтно-климатические изменения за последние 15000 лет. М.: ИГ РАН, 1994. С. 113–125.
2. Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 280 с.
3. Краснов И.И. Четвертичные отложения и геоморфология Камско-Печорско-Вычегодского водораздела и прилегающих территорий // Материалы по геоморфологии Урала. М.-Л.: Изд-во Мин. геол. СССР, 1948. С. 47–88.
4. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А. Голоценовое накопление органического вещества в донных отложениях Ладожского озера // Геоморфология. 2021. № 52 (2). С. 63–71. doi: 10.31857/S043542812102005X
5. Кузнецов Д.Д., Субетто Д.А., Сапелько Т.В., Лудикова А.В. Гидрографическая сеть северной части Карельского перешейка в голоцене по данным о строении отложений малых озер // Геоморфология. 2015. № 1. С. 54–69.
6. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен северо-востока Русской равнины. М.: Аэрогеология, 2005. 348 с.
7. Лесненко В.К. Псковские озера. Л.: Лениздат, 1988. 112 с.
8. Маркова А.К., Кольфсхотен Т., Симакова А.Н., Пузаченко А.Ю., Белоновская Е.А. Экосистемы Европы в период позднеледникового потепления бёллинг-аллерёд (10,9–12,4 тыс. лет назад) по палинологическим и териологическим данным // Известия РАН. Сер. Геогр. 2006. № 1. С. 15–25.
9. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Жуйкова И.А., Чернов А.В. Плейстоценовые каналы стока в южной части Кельтминской ложбины (Камско-Вычегодское междуречье) // Геоморфология. 2020. № 4. С. 74–88. doi: 10.31857/S0435428120040070
10. Величко А.А., Борисова О.К., Гричук В.П. [и др.] Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен: атлас-монография / отв. ред. А.А. Величко. М.: ГЕОС, 2009. 119 с.
11. Россолимо Л.Л. Озерное накопление органического вещества и возможности его типизации // Типология озерного накопления органического вещества. М.: Наука, 1976. С. 3–10.
12. Садоков Д.О., Сапелько Т.В., Бобров Н.Ю., Меллес М., Федоров Г.Б. Позднеледниковая и раннеголоценовая история озерного осадконакопления на севере Молого-Шекснинской низменности на примере озера Белого (Северо-Запад России) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2022. Т. 67, Вып. 2. С. 266–298. doi: 10.21638/spbu07.2022.204
13. Cohen A.S. Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems. New-York: Oxford University Press, 2003. 525 p.
14. Heiri O., Lotter A.F., Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // J. Paleolimnol. 2001. No. 25. P. 101–110. doi: 10.1023/A:1008119611481
15. Blaauw M., Christen J.A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Anal. 2011. Vol. 6, No. 3. P. 457–474. doi: 10.1214/11-BA618
16. Lapteva E.G., Zaretskaya N.E., Lychagina E.L., Trofimova S.S., Demakov D.A., Kopytov S.V., Chernov A.V. Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia // Vegetation History and Archaeobotany. 2023. Vol. 32. P. 361–385. doi: 10.1007/s00334-023-00913-5
17. Lysa A., Larsen E., Buylaert J.-P., Fredin O., Jensen M., Kuznetsov D. Late Pleistocene stratigraphy and sedimentary environments of the Severnaya Dvina-Vychegda region in northwestern Russia // Boreas. 2014. Vol. 43. P. 759–779. doi: 10.1111/bor.12080
18. Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E., Komatsu G., Lang J., Winsemann J. Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia // Earth-Science Reviews. 2020. Vol. 201. 103069. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.103069
19. Reimer P., Austin W.E.N., Bard E. et al. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP) // Radiocarbon. 2020. Vol. 62, No. 4. P. 725–757. doi: 10.1017/RDC.2020.41
20. Van der Bilt W.G.M., Bakke J., Vasskog K., D'Andrea W.J., Bradley R.S., Ólafsdóttir S. Reconstruction of glacier variability from lake sediments reveals dynamic Holocene climate in Svalbard // Quaternary Science Reviews. 2015. Vol. 126. P. 201–218. doi: 10.1016/j.quascirev.2015.09.003

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,

Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.

References

1. Zelikson, E.M., (1994). To characterize the vegetation of Europe in Allerød. Short-period and abrupt landscape-climatic changes over the last 15,000 years. Moscow, IG RAS, 1994. P. 113–125.
2. Kvasov, D.D., (1975). Late Quaternary history of large lakes and inland seas of Eastern Europe. Leningrad, Nauka. 280 p.
3. Krasnov I.I., (1948). *Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Kamsko-Pechorsko-Vychegodskogo vodorazdela i prilegayushchikh territorii* [Quaternary deposits and geomorphology of the Kama-Pechora-Vychehda watershed and adjacent territories]. Materials on geomorphology of Urals. Moscow, Gosgeolizdat. P. 47–87.
4. Kuznetsov, D.D., Subetto, D.A., (2021). Holocene organic sedimentation in Lake Ladoga. *Geomorfologiya*. 52(2). P. 63–71. <https://doi.org/10.31857/S043542812102005X>.
5. Kuznetsov, D.D., Subetto, D.A., Sapelko, T.V., Ludikova, A.V., (2015). Hydrographic network of northern part of the Karel'ian isthmus in Holocene according to sediments of the small lakes. *Geomorfologiya*. 1. P. 54–69. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2015-1-54-69>.
6. Lavrov, A.S., Potapenko, L.M., (2005). *Neoplejstocen severo-vostoka Russkoj ravniny*. [Neopleistocene of the north-eastern Russian Plain]. Moscow, Ae'rogeologiya. 348 p.
7. Lesnenko, V.K., (1988). *Pskovskie ozera*. [Lakes of Pskov]. Leningrad, Lenizdat. 112 p.
8. Markova, A.K., Kolfshoten, T., Simakova, A.N., Puzachenko, A.Yu., Belonovskaya, E.A., (2006). Ecosystems of Europe during the period of the Late Glacial warming of Bölling-Allerød (10.9–12.4 thousand years ago) according to palynological and theriological data. *Izvestia RAS. Ser. Geograph*. 1. P. 15–25.
9. Nazarov, N.N., Kopytov, S.V., Zhuikova, I.A. and Chernov, A.V., (2020). Pleistocene runoff channels in the southern part of the Keltma hollow (Kama–Vychehda watershed). *Geomorfologiya (Geomorphology RAS)*. 4. pp. 74–88.
10. Paleoclimates and paleolandscapes of the extratropical space of the Northern Hemisphere. Late Pleistocene - Holocene. Atlas-monograph, (2009). A. A. Velichko, O. K. Borisova, V. P. Grichuk and others; ed. A. A. Velichko. Moscow, GEOS. 119 p.
11. Rossolimo, L.L., (1976). Lake accumulation of organic matter and the possibility of its typification. *Typology of lake accumulation of organic matter*. Moscow, Nauka. P. 3–10.
12. Sadokov, D. O., Sapelko, T. V., Bobrov, N. Yu., Melles, M., Fedorov, G. B., (2022). Late Glacial and Early Holocene lacustrine sedimentation history of the northern Mologa-Sheksna Lowland derived from Lake Belye sediments (NW Russia). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*. 67 (2). 266–298. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2022.204>.
13. Cohen, A.S., (2003). *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. New-York, Oxford University Press, 525 p.
14. Heiri, O., Lotter, A.F., Lemcke, G., (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *J. Paleolimnol*. 25. P. 101–110. <https://doi.org/10.1023/A:1008119611481>.
15. Blaauw M., Christen J.A., (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Anal.* 6 (3). P. 457–474. <https://doi.org/10.1214/11-BA618>.
16. Lapteva, E.G., Zaretskaya, N.E., Lychagina, E.L., Trofimova, S.S., Demakov, D.A., Kopytov, S.V., Chernov, A.V., (2023). Holocene vegetation dynamics, river valley evolution and human settlement of the upper Kama valley, Ural region, Russia. *Vegetation History and Archaeobotany*. 32. P. 361–385. <https://doi.org/10.1007/s00334-023-00913-5>.
17. Lysa, A., Larsen, E., Buylaert, J.-P., Fredin, O., Jensen, M., Kuznetsov, D. (2014). Late Pleistocene stratigraphy and sedimentary environments of the Severnaya Dvina-Vychehda region in northwestern Russia. *Boreas*. 43. P. 759–779. <https://doi.org/10.1111/bor.12080>.
18. Panin, A.V., Astakhov, V.I., Lotsari, E., Komatsu, G., Lang, J., Winsemann, J., (2020). Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia. *Earth-Science Reviews*. 201. 103069. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103069>.
19. Reimer, P., Austin, W.E.N., Bard, E. et al., (2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*. 62(4). P. 725–757. <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>.
20. Van der Bilt, W.G.M., Bakke, J., Vasskog, K., D'Andrea, W.J., Bradley, R.S., Ólafsdóttir, S., (2015). Reconstruction of glacier variability from lake sediments reveals dynamic Holocene climate in Svalbard. *Quaternary Science Reviews*. 126. P. 201–218. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.003>.

Статья поступила в редакцию: 02.05.2024, одобрена после рецензирования: 15.05.2024, принята к опубликованию: 15.05.2024.

The article was submitted: 2 May 2024; approved after review: 15 May 2024; accepted for publication: 15 May 2024.

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Копытов С.В., Санников П.Ю., Мехоношина Е.А.,**Соловьева Е.Е., Самаркина А.А.*

Информация об авторах

Information about the authors

Сергей Владимирович Копытов

кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Sergey V. Kopytov

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor in the Department of Physical Geography and Landscape Ecology, Associate Professor in the Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: kopytov@psu.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 Ecological and Geoinformation Systems, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: sol1430@gmail.com

Елизавета Алексеевна Мехоношина

студент географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Elizaveta A. Mekhonoshina

Student, Faculty of Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: elizamkh@mail.ru

Елизавета Евгеньевна Соловьева

студент географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Elizaveta E. Solovyova

Student, Faculty of Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: solovyva_liza@bk.ru

Александра Андреевна Самаркина

студент географического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Alexandra A. Samarkina

Student, Faculty of Geography, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: alya.samarkina.01@mail.ru

Вклад авторов

Копытов С.В. – идея статьи, организация полевых работ (2021, 2022, 2023), постановка задач исследования, подготовка первого варианта рукописи и рисунков, вычитка финального варианта статьи.

Санников П.Ю. – руководство камеральными работами, вычитка финального варианта статьи.

Мехоношина Е.А. – проведение анализа ППП скважин NZH-1, CHOL-1, вычитка и оформление финального варианта статьи.

Соловьева Е.Е. – проведение анализа ППП скважины NZH-2, вычитка финального варианта статьи.

Самаркина А.А. – проведение анализа ППП скважины NZH-1, вычитка финального варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Sergei V. Kopytov – the idea; arrangement of field works (2021, 2022, 2023); setting the research objectives; first version of the manuscript and figures; proofreading of the last version of the manuscript.

Pavel Yu. Sannikov – laboratory work management; proofreading of the last version of the manuscript.

Elizaveta A. Mekhonoshina – LOI analysis of cores NZH-1 and CHOL-1; design and proofreading of the last version of the manuscript.

Elizaveta E. Solovyova – LOI analysis of core NZH-2; proofreading of the last version of the manuscript.

Alexandra A. Samarkina – LOI analysis of core NZH-1; proofreading of the last version of the manuscript.

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

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 914/919

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-15-24

**ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОФИЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ,
РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ СОВРЕМЕННУЮ МОРСКУЮ ПОЛИТИКУ РОССИИ****Татьяна Ивановна Потоцкая**

Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Россия

ptismolensk@yandex.ru, SPIN-код: 7833-8757, Scopus Author ID: 56502278600

Аннотация. Статья ориентирована на выявление и анализ географического содержания официальных документов, регламентирующих региональные приоритеты внешней морской политики России. С этой целью проведен контент-анализ всех версий «Морской доктрины Российской Федерации», «Конвенции о правовом статусе Каспийского моря», «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года», «Концепции внешней политики Российской Федерации», «Военной доктрины Концепции внешней политики Российской Федерации», Указа Президента Российской Федерации «О военно-административном делении Российской Федерации». На этой основе рассмотрена аргументация статусов России как «морской» и «мировой» державы, а также выделены национальные интересы России, реализуемые в рамках морской политики России на нескольких территориальных уровнях: глобальном – жизненно важные районы, важные районы, другие районы; макрорегиональном – Арктическое, Тихоокеанское, Атлантическое (Балтийское, Азовско-Черноморское, Средиземноморское), Каспийское, Индоокеанское, Антарктическое направления морской национальной политики; региональном – региональные союзы стран (АСЕАН, АТЭС, государства участники Конвенции о правовом статусе Каспийского моря, государства участники системы Договора об Антарктике); национальном – Индия, Иран, Ирак, Саудовская Аравия, Сирия; локальном – морские порты России, зарубежные постоянные пункты материально-технического обеспечения ВМФ РФ. Сравнительно-географический анализ эволюции документов показал стремительную «географизацию» их содержания. Это связано с изменением геополитического вектора развития страны под влиянием усиления конфликтности в отношениях России со странами коллективного Запада и, как результат, появлением потребности в географических знаниях, способствующих решению возникших проблем и во внешней политике, и в международной торговле страны. Отмечен и аргументирован потенциальный характер заявленных в документе региональных приоритетов.

Ключевые слова: политическая география, морская геополитика России, Арктика, Антарктика, Тихий океан, Атлантический океан, Индийский океан, Каспий

Для цитирования: Потоцкая Т.И. Географическое содержание официальных документов, регламентирующих современную морскую политику России // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 15–24. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-15-24

ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL GEOGRAPHY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-15-24

**GEOGRAPHICAL CONTENT OF OFFICIAL DOCUMENTS REGULATING
THE MODERN MARITIME POLICY OF RUSSIA****Tatyana I. Pototskaya**

Smolensk State University, Smolensk, Russia

ptismolensk@yandex.ru, SPIN-code: 7833-8757, Scopus Author ID: 56502278600

Abstract. The article aims to identify and analyze the geographic content of official documents that regulate regional priorities of Russia's foreign maritime policy. For this purpose, the author has analyzed all versions of the 'Maritime Doctrine of the Russian Federation', 'Convention on the Legal Status of the Caspian Sea', 'Strategy for the Development of Maritime Activities of the Russian Federation until 2030', 'Foreign Policy Concept of the Russian Federation', 'Military Doctrine of the Foreign Policy Concept of the Russian Federation', and the Decree of the President of the Russian Federation 'On the Military-Administrative Division of the Russian Federation'. On this basis, the argumentation behind Russia's status as a 'maritime power' and 'world power' is considered, and the national interests of Russia implemented within the framework of Russia's maritime policy at several territorial levels are highlighted: at the global level – vital areas, important areas, other areas; at the macroregional level – the Arctic, Pacific, Atlantic (Baltic, Azov-Black-Sea, Mediterranean), Caspian, Indian-Ocean, and Antarctic directions of the maritime national policy; at the regional level – regional unions of countries (ASEAN, APEC, member states of the Convention on the Legal Status of the Caspian Sea, and member states of the Antarctic Treaty system); at the national level – India, Iran, Iraq, Saudi Arabia, and Syria; at the local level – Russian seaports, foreign permanent logistics support bases of the Russian Navy. A comparative

*Экономическая, социальная и политическая география**Потоцкая Т.И.*

geographical analysis of the documents' evolution showed a rapid 'geographization' of their content. This is due to a change in the geopolitical vector of the country's development under the influence of the increasing conflict in Russia's relations with the countries of the collective West and, as a result, the emergence of a need for geographical knowledge that would help solve the problems encountered by Russia in both foreign policy and international trade. The potential nature of the regional priorities declared in the documents is noted and substantiated.

Keywords: political geography, maritime geopolitics of Russia, Arctic, Antarctica, Pacific Ocean, Atlantic Ocean, Indian Ocean, Caspian Sea

For citation: Pototskaya, T.I. (2024). Geographical content of official documents regulating the modern maritime policy of Russia. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 15–24. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-15-24

Введение

Особенности геополитического положения России определили отношение к ней в академической среде как к континентальному государству. Однако глобализация мирового сообщества (во всех сферах ее проявления) в условиях сопровождающей ее политической турбулентности привела к очевидному выводу, что эффективное развитие современных государств и их устойчивые позиции в мировом сообществе достигаются при сочетании «континентальных» и «морских» принципов формирования внешней политики. Осознание данного факта в России произошло только в начале XXI в., что выразилось сначала в формировании документальной базы, регламентирующей деятельность России как морской державы, а затем и в наполнении ее географическим содержанием. В силу того, что в первых версиях этих официальных документов практически отсутствовал хорошо аргументированный географический контент, не проявлялось и внимание к документам со стороны научного географического сообщества. В то же время представители других наук имели к ним значительный интерес, подвергая всестороннему кросс-факторному анализу, поскольку геополитика изначально формировалась как область междисциплинарных исследований, в которой наряду с географическими, военными и политологическими всегда соседствовали исторические и юридические изыскания. К такому можно отнести работы А.И. Исмаилова, А.Н. Попова, В.В. Пучнина [6; 13], К.П. Курылева [9] и др.

Вместе с тем междисциплинарные исследования ориентировались и на выявление региональных приоритетов морской национальной политики России, обозначенных в официальных документах. Например, в рамках исследования Арктического направления – публикации Ю.Ф. Лукина [10; 11; 12], А.В. Семенова, С.С. Жильцова, И.С. Зонна, А.Г. Костяного [1], Ю.В. Бобровой [20], Т.И. Потоцкой [30] и др.; Атлантического направления – работы В.В. Стрюковатого [18], К.П. Курылева, Н.П. Пархитко, М.А. Никулина [8] и др.; Тихоокеанского направления – исследования В.В. Чудесова [19] и др.; Индоокеанского направления – материалы О.В. Журавлева, А.А. Тушкова [5] и др.; Каспийского направления – Л.Б. Вардомского [7], Л.М. Решетниковой [17], Т.И. Потоцкой [15; 16] и др.

В свою очередь, географическая научная мысль концентрировалась на анализе морской национальной политики России как факторе развития территории страны – работы А.Г. Дружинина [2; 3; 4], О.В. Кузнецовой [4], Т.И. Потоцкой [14; 15] и др.

Кардинальные изменения геополитического вектора страны, потребовавшие от Правительства РФ четкого осознания необходимости формулирования механизмов данного процесса с использованием географического знания, привели к подготовке официальных документов, регламентирующих современную внешнюю политику России и содержащих хорошо прописанные на разных территориальных уровнях географические приоритеты. Таким образом, появление географического содержания в официальных документах обусловило потребности их изучения со стороны научного географического общества, что и является целью данного исследования.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на основе контент-анализа базовых официальных документов, регламентирующих региональные приоритеты современной национальной морской политики России – «Морская доктрина Российской Федерации» (2001, 2015, 2022 гг.), конкретизирующий ее Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации» (1998, 2022 гг.), «Конвенция о правовом статусе Каспийского моря» (2018), «Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года» (2019). В определенной мере территориальные аспекты морской политики нашей страны отражены в «Концепции внешней политики Российской Федерации» (2023 г.), «Военной доктрине Концепции внешней политики Российской Федерации» (2010, 2014 гг.), Указе Президента Российской Федерации «О военно-административном делении Российской Федерации».

Результаты исследования

Основным из перечисленных документов является «Морская доктрина Российской Федерации» [26]. Наряду с общими положениями, содержащими перечень национальных интересов России, стратегических целей и принципов национальной морской политики, приоритетов развития морской деятельности на функциональных направлениях, средств обеспечения морской деятельности, действий по мобилизационной подготовке в сфере морской деятельности, основ государственного управления ею, порядок использования инструментов национальной морской политики для защиты национальных интересов страны в Мировом океане, существуют также и региональные направления национальной морской политики. Даже первичный их анализ позволяет увидеть ряд *географических аспектов*.

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

Во-первых, в данном документе Россия рассматривается как «великая морская держава». Безусловно, обладая морскими границами протяженностью более 39 тыс. км. (2021 г.) [27] и имея выход к 12 морям трех океанов (Атлантического, Северного Ледовитого и Тихого), а также бессточному морю (озеру) Каспийскому, логично предположить наличие у страны значимого «морского потенциала». Однако действие лимитирующих факторов (замерзаемость большинства морей; мелководность; отсутствие прямого выхода в океаны – без использования проливов, расположенных в территориальных водах других государств) ограничивало возможности России использовать этот морской потенциал в формировании своей зоны влияния. Она преимущественно создавалась за счет континентальных пространств, расположенных в пределах того же континента, на котором находилась сама Россия (Евразия) и для взаимодействия с которой не требовалось пересекать морские просторы, что в совокупности выработало представление о России, как о классической континентальной державе. В то же время появление новых факторов в виде технического прогресса (в данном контексте – ледокольный флот, искусственные фарватеры, навигационные системы и др.), изменения климата (в данном контексте – таяние льдов Северного Ледовитого океана) нивелируют действие перечисленных лимитирующих факторов и дают возможность континентальным странам использовать элементы морской политики, делая в целом внешнюю политику государства более эффективной. Это, собственно, и подчеркнуто в рассматриваемом документе.

Во-вторых, документ декларирует и аргументирует геополитический статус России как мировой державы (хотя сам термин «мировая держава» не использован). Обсуждение геополитического статуса нашей страны (мировая или региональная держава) – один из важных аспектов политико-географического дискурса в постсоветский период. Рассматриваемый документ дает исчерпывающий ответ на это вопрос, заявляя, что «национальные интересы Российской Федерации ... распространяются на весь Мировой океан...» [26], что не оставляет место сомнениям. Следующий за данным утверждением перечень региональных направлений национальной морской политики (Арктическое; Тихоокеанское; Атлантическое – Балтийский, Азовско-Черноморский, Средиземноморский бассейны; Каспийское; Индоокеанское; Антарктическое) только подтверждает его, т.к. полностью соответствует всем существующим в мире океанам. При этом характеристика каждого направления строится на первоначальном определении причин интереса России к нему с последующей конкретизацией задач, позволяющих реализовывать их.

Реализация интересов России в рамках всех перечисленных направлений национальной морской политики связана с решением ряда *общих задач*. К ним можно отнести: укрепление боевого потенциала морского флота и обеспечение стратегической стабильности в этой сфере; формирование и развитие добрососедских отношений с государствами региона; создание условий для военно-морского контроля за безопасностью функционирования морских транспортных коммуникаций в регионе; создание в государствах региона пунктов материально-технического обеспечения Военно-Морского Флота России; проведение геологоразведочных работ и освоение месторождений природных ресурсов в исключительной экономической зоне России и/или международной зоне; организация научных исследований состояния и загрязнения морской среды в условиях активного антропогенного воздействия и др.

Вместе с тем на каждом из перечисленных направлений решаются и *специфические*, соответствующие только данному региону задачи (табл. 1).

В отличие от всех предыдущих исторических периодов формирования и развития России, впервые приоритетным стало *Арктическое направление*, которое связано с использованием Северного Ледовитого океана в целом и его морей, в частности: Белого, Баренцево, Карского, Моря Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского моря (хотя в документе отсутствует упоминание каждого из них). На него приходится более 65 % протяженности береговой линии морей России. Внешняя политика России здесь направлена на решение комплекса задач, среди которых наиболее важными являются следующие. Первая – решение проблемы границ исключительной экономической зоны России и внутренних морских вод в зоне проливов Северного морского пути. В этом контексте заявлена необходимость диверсификации и активизации морской деятельности на архипелагах Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и острове Врангеля. Вторая группа задач связана с развитием Арктической зоны России (исследование и рациональное использование ресурсной базы, экологические работы в исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе). Третья группа задач ориентирована на формирование и развитие Северного морского пути как национальной транспортной системы, конкурентоспособной на мировом рынке, создание условий для его эффективного функционирования.

Таблица 1

Региональные приоритеты морской национальной политики России (специфические задачи). Составлено автором по [26; 27]
Regional priorities of the maritime national policy of Russia (specific tasks). Compiled by the author from [26; 27]

<i>Морское направление</i>	<i>Океаны (моря), протяженность береговой линии (Россия), км</i>	<i>Специфические факторы присутствия России</i>
Арктическое	Северный Ледовитый океан, 39 940	<ul style="list-style-type: none"> – незавершенность процесса разграничения континентального шельфа в Северном Ледовитом океане; – охрана государственной границы в Арктической зоне Российской Федерации; – природные ресурсы исключительной экономической зоны; – Северный морской путь; – социально-экономическое развитие российской Арктики

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

Окончание табл. 1

Морское направление	Океаны (моря), протяженность береговой линии (Россия), км	Специфические факторы присутствия России
Тихоокеанское	Тихий океан (Берингово, Охотское, Японское), 17 740	<ul style="list-style-type: none"> – обеспеченность природными ресурсами; – необходимость интеграции в АТР и, как следствие, стимулирования социально-экономического развития региона; – необходимость формирования в государствах АТР пунктов материально-технического обеспечения ВМФ РФ
Атлантическое	Атлантический океан (Балтийское, Азовское, Черное, Средиземное. Красное море), 1 845: Балтийское – 660, Черное – 1185	<ul style="list-style-type: none"> – деятельность НАТО, направленная на прямое противоборство с Россией и ее союзниками; – возможность использование морских акваторий для строительства трубопроводов; – необходимость социально-экономического развития российских прибрежных территорий; – необходимость обеспечения транспортной доступности Калининградской области (Балтийское море); – обеспечение благоприятного международного правового режима использования природных ресурсов (Азовское, Черное моря); – необходимость формирования пунктов материально-технического обеспечения ВМФ РФ (Средиземное море)
Каспийское	Каспийское, 1 460	<ul style="list-style-type: none"> – обеспеченность природными ресурсами; – незавершенность процесса правового оформления государственных границ; – транзитность положения региона
Индоокеанское	Индийский океан, Красное море	<ul style="list-style-type: none"> – международные морские транспортные пути с высоким уровнем интенсивности судоходства; – участие в обеспечении безопасности функционирования морских транспортных коммуникаций в регионе (на основе пунктов материально-технического обеспечения), включая борьбу с пиратством; – стратегическое партнерство и военно-морское сотрудничество с государствами региона
Антарктическое	Южный океан	<ul style="list-style-type: none"> – наличие системы международного управления для континента, примыкающих к нему островов и шельфовых ледников, а также морских пространств, расположенных южнее 60-й параллели; – свобода научно-исследовательской деятельности, обмена информацией и сотрудничества

Красное море в «Морской доктрине Российской Федерации (2022)» рассматривается в составе Атлантического и Индоокеанского направлений

The Red Sea in the 'Maritime Doctrine of the Russian Federation (2022)' is considered as part of the Atlantic and Indian-Ocean directions

В условиях санкций коллективного Запада против России и соответствующей смены геополитического вектора развития страны с западного (европейского) на восточный (азиатский) особую и очень важную роль стало играть *Тихоокеанское направление*. На него приходится около 30 % протяженности береговой линии морей России. Большая часть задач здесь связана с деятельностью, стимулирующей социально-экономическое развитие Дальнего Востока (создание транспортной и в целом экономической инфраструктуры, благоприятных условий для развития судостроения, рыбопромышленного комплекса, портового хозяйства, топливно-энергетического комплексов, деятельности в сфере подводной разведки и добычи минеральных ресурсов и др.) и способствующей экономической интеграции страны в Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР). В силу того, что АТР выделяется высоким уровнем вулканической активности и сейсмичности, в документе констатируется необходимость их изучения и контроля за местами антропогенной деятельности (радиоактивные отходы, подводные трубопроводы).

Атлантическое направление, которое всегда в морской политике России стояло на первом месте, сегодня занимает только третью позицию (как и по протяженности береговой линии морей России – 3 %). Еще в предыдущем варианте «Морской доктрины.....» (2015) ему отводилось ведущее место. Вместе с тем Атлантика продолжает оставаться самым географически диверсифицированным и многозадачным направлением, что связано как с большим количеством акваторий, формирующих его, так и с большим количеством государств, выходящих к ним и граничащих с Россией. Все задачи, решение которых видится важным для России здесь, в той или иной мере связаны с противодействием США и их союзникам, стремящимся сохранить свое доминирование в мире, в том числе в Мировом океане. В связи с этим основная цель России здесь – укрепление геополитических позиций

в регионе. Способы ее реализации имеют как общие, так и отличительные черты в разных акваториях данного региона (Балтийской, Азовско-Черноморской), к которым выходит Россия.

Если не повторяться о значимости совершенствования и усиления группировок сил Военно-Морского Флота России, развитии их инфраструктуры на побережьях России (что является основой силовой части морской национальной политики страны на всех названных направлениях), то к общим задачам в морях Атлантического направления можно отнести использование данных морских акваторий в качестве инструмента решения проблемы зависимости внешней торговли России от характера отношений со странами-транзитерами, чрез территорию которых они реализуются. Именно поэтому в документе сделан акцент на создании системы наземных и подводных трубопроводов (идущих в обход стран-транзитеров) и создание портовых комплексов, железнодорожных путей, логистических центров с последующим формированием на их основе международных транспортных коридоров. К общим задачам стоит отнести и необходимость обеспечения на российском побережье обеих акваторий благоприятных условий для развития судостроения, рыбопромышленного комплекса, туристической (круизного и яхтенного туризма) и др.

Вместе с тем специфические задачи, решаемые в *Балтийском море*, – предоставление транспортной доступности Калининградской области за счет функционирования паромной линии в направлении морских портов Усть-Луга и Санкт-Петербурга; в *Азовско-Черноморском бассейне* – обеспечение на основе норм международного морского права благоприятного для страны международного правового режима и порядка использования их водных биоресурсов, разведки и эксплуатации месторождений углеводородного сырья.

В свою очередь, для *Средиземноморского бассейна* (к акватории которого Россия не имеет выхода, соединяясь с ним через Мраморное, Эгейское, Адриатическое моря) характерны такие специфические задачи, как поддержание на постоянной основе военно-морского присутствия, исходя из пунктов материально-технического обеспечения Военно-Морского Флота на территории государств региона (в первую очередь, Сирии); развитие туристического круизного судоходства из портов побережья Средиземного моря в порты Крыма и Краснодарского края.

Доля *Каспийского направления* в протяженности береговой линии морей России составляет немногим более 2 %. Подписание «Конвенции о правовом статусе Каспийского моря» (2018) хоть и не завершило процесс проведения государственной границы региональных стран полностью, тем не менее определило географические границы национальных интересов прикаспийских государств [15; 25]. Следствием этого является декларирование необходимости создания современного нефтегазодобывающего комплекса в российском секторе Каспийского моря и связанной с ним береговой транспортной инфраструктуры с учетом требований экологической безопасности (выделение «национальных секторов дна» Каспия); деятельность по сохранению и воспроизводству водных биоресурсов (выделение «рыболовных зон»); развитие международного военного сотрудничества с военно-морскими силами государств Каспийского региона (выделение «общего водного пространства», используемого только прикаспийскими странами, решает вопросы национальной безопасности прикаспийских стран, не допуская военного присутствия внерегиональных государств).

В то же время смена геополитического вектора развития России и последовавшее за этим изменение географии внешней торговли страны потребовало и изменение логистики ее внешнеторговых операций, что актуализировало идею создания международного транспортного коридора «Север – Юг», который, способствуя взаимодействию России со странами Прикаспийского региона, становится основой маршрута межгосударственных контейнерных перевозок из Азии в Европу. Он ориентирован на использование как морской инфраструктуры (порты Каспия), так и железнодорожной сети прикаспийскими странами и позволяет экономике России решать проблему нарушенной логистики внешней торговли страны, возникшей в результате санкций [7; 17]. Отсюда и содержится в рассматриваемом документе заявление о потребности в модернизации и повышении пропускной способности российских морских портов, железнодорожных и автомобильных подходов к ним на Каспии.

Индоевропейское направление. Рассматривая место Индийского океана (к которому Россия не имеет выхода) в национальной морской политике страны, стоит оттолкнуться от его роли в международной торговле в целом. Данный регион сегодня – это и место, откуда начинается международная торговля нефтью и газом (страны Персидского залива), и транзитный коридор, через который осуществляется торговля стран Азии и Европы (в том числе и через Красное море – Суэцкий канал), торговля стран Азии и Америки. Именно поэтому он выделяется самым высоким уровнем интенсивности судоходства в мире. Отсюда и задачи, стоящие перед Россией. Для того чтобы ей не оказаться изолированной от международной торговли в условиях санкционного режима, необходимо расширение российского судоходства в регионе на основе стратегического партнерства и военно-морского сотрудничества с государствами региона (в первую очередь, с Индией, Ираном, Ираком, Саудовской Аравией); сохранение и поддержание военно-морского присутствия в районе Персидского залива на основе пунктов материально-технического обеспечения; участие в обеспечении безопасности функционирования морских транспортных коммуникаций в регионе, включая борьбу с пиратством.

Отметим, что *Антарктическое направление* не было учтено в первой версии «Морской доктрины...». Оно значительно отличается от других и по удаленности от страны, и по в большей мере континентальным, а не морским задачам, которые здесь решаются. Очевидно, в будущем Антарктика (материк и континентальный шельф)

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

– источник природных ресурсов (от пресной воды, топливно-энергетических ресурсов, рудных, нерудных и др. до биологических). Отсюда интерес к научно-исследовательской деятельности (9 российских антарктических станций) и потребности в инфраструктуре, с помощью которой ее можно осуществлять. Отталкиваясь от «Договора об Антарктике» [21], констатирующего ее международный статус и запрет на любой вид военной и экономической деятельности здесь, Россия декларирует решение задач, способствующих ее научно-исследовательской деятельности: создание флота по обеспечению эффективного функционирования Российской антарктической экспедиции; ее информационное и материально-техническое обеспечение; развитие спутниковых систем связи и навигации в Антарктике и др.

Очевидно, морская политика любой страны обеспечивается, в первую очередь, деятельностью ее флота. Насколько выделенные региональные направления морской политики России соответствуют региональным направлениям функционирования ее флота? Если речь идет о региональных аспектах деятельности торгового флота (табл. 2), то они, скорее, отражают содержание «Морской доктрины Российской Федерации» начальных этапов (2001, 2015 гг.), когда лидерские позиции принадлежали Атлантическому направлению (59 % морских портов России с грузооборотом более 10 млн т, 60 % совокупного грузооборота морских портов, 54 % сухих грузов и 67 % наливных грузов страны), вторая позиция – за Тихоокеанским (29, 27, 38, 17 % соответственно) и только третью позицию занимает Арктика (12, 12, 7, 16 % соответственно). На Каспийское направление приходится менее 1 % каждого из анализируем показателей.

Таблица 2

Грузооборот морских портов России, 2022 [29]
Cargo turnover of Russian sea ports, 2022 [29]

Морские бассейны	Количество морских портов всего / с грузооборотом более 10 млн т	Грузооборот, млн т	Сухие грузы, млн т	Наливные грузы, млн т
Арктический	18 / 2	98,5	29,4	69,1
Балтийский	7 / 5	245,6	97	148,6
Азовско-Черноморский	17 / 5	263,6	121,1	142,5
Дальневосточный	22 / 5	227,8	154	73,8
Каспийский	3 / –	6	3,2	2,8

В то же время региональные приоритеты функционирования военно-морского флота в полной мере соответствуют современной Морской доктрине. Так, реализация национальных интересов на Арктическом направлении во многом поддерживается деятельностью Северного флота ВМФ России. Он является лидером по обеспеченности подводными лодками (55 % подводных лодок ВМФ России), проигрывая другим флотам страны по обеспеченности надводными кораблями (3-е место – 19 % надводных кораблей ВМФ России) (табл. 3). Аналогична ситуация и на Тихоокеанском направлении, где реализация национальных интересов страны связана во многом с деятельностью Тихоокеанского флота ВМФ России (35 и 19 % корабельного состава соответственно). Национальные интересы России на Атлантическом направлении морской политики России, занимающем в ее региональных приоритетах третью позицию, поддерживаются функционированием Балтийского и Черноморского флотов, на которые в совокупности приходится всего 10 % подводного флота страны (также 3-е место) и 44 % надводных кораблей ВМФ РФ (это лидирующее место по данному показателю). В свою очередь, Каспийское направление – относительно новое, формирующееся, где реализация интересов России ограничивается незавершенностью процесса проведения государственных границ на Каспии. Отсюда и самые низкие показатели значимости региона в сферах функционирования и торгового, и военно-морского флота России.

Таблица 3

Структура и состав Военно-морского флота России. Составлено автором по [22; 23; 28]
Structure and composition of the Russian Navy. Compiled by the author from [22; 23; 28]

	Места базирования (штаб)	Количество подводных лодок	Количество надводных кораблей	Корабельный состав Береговой охраны России по морям
Северный флот ВМФ России (Ленинградский военный округ)	Североморск	43	41	26
Тихоокеанский флот ВМФ России (Восточный военный округ)	Владивосток	27	56	78
Балтийский флот ВМФ России (Ленинградский военный округ)	Калининград	1	52	33
Черноморский флот ВМФ России (Южный военный округ)	Севастополь	7	43	74
Каспийская флотилия ВМФ России (Южный военный округ)	Каспийск	-	26	28

Другими словами, расстановка региональных приоритетов официальной морской национальной политики России в большей мере согласована с функционированием военно-морского, нежели торгового флота страны. В условиях усиления конфронтации в мировом сообществе это неудивительно, поскольку территориальные подразделения ВМФ в анализируемом документе рассматриваются силовой основой решения задач национальной морской политики на соответствующих региональных направлениях.

В-третьих, в документе использован территориальный подход при формулировании целей и задач, что выразилось в выделении важных для России акваторий, исходя из национальных интересов страны на разных территориальных уровнях. Это следующие районы.

– *Жизненно важные районы (зоны)*, которые критически влияют на социально-экономическое развитие страны и потеря контроля над которыми может поставить под угрозу существование государства России. К ним наряду с очевидными, принятыми международным правом территориями (внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона) отнесены те, в которых не завершился процесс проведения государственных границ, принятых международным морским правом: континентальный шельф в Арктике за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны; акватория Охотского моря; границы национальных секторов дна Каспийского моря. Здесь вместе с дипломатическими методами используются военно-силовые методы, включая военно-морское присутствие, демонстрацию флага и силы, применение (при необходимости) военной силы в соответствии с законодательством России и принципами международного права.

– *Важные районы (зоны)*, которые значительно влияют на экономическое развитие и состояние национальной безопасности России: акватории океанов и морей, прилегающих к побережью страны; восточная часть Средиземного моря; Черноморские, Балтийские и Курильские проливы; районы прохождения мировых морских транспортных коммуникаций. Здесь используются преимущественно дипломатические и другие несиловые инструменты, в случае необходимости могут применяться вооруженные силы.

– *Другие районы (зоны)* – открытая часть Мирового океана, не отнесенная к жизненно важным и важным районам. Здесь используются дипломатические методы присутствия, основанные на принципах и нормах международного права.

Подчеркнем, что в первых вариантах «Морской доктрины Российской Федерации» перечисленные зоны национальных интересов России даже не были обозначены.

В-четвертых, несмотря на глобальный территориальный характер заявленных в документе целей, региональные направления национальной морской политики России рассмотрены с учетом наличия выхода к формирующим их морям территории России и, соответственно, протяженности береговой линии. Именно поэтому приоритет отдан Северному Ледовитому океану (в терминологии документа «Арктическое региональное направление / Арктическая зона Российской Федерации / Арктический бассейн»), Тихоокеанскому, Атлантическому и Каспийскому направлениям и только затем декларируются интересы в Индоокеанском и Антарктическом направлениях.

В-пятых, в документе уделено внимание региональному и национальному территориальным уровням, когда в качестве приоритетов деятельности выделяется взаимодействие с интеграционными союзами и отдельными странами. Однако их перечень оставляет ряд вопросов. Так, несмотря на то что в мировом сообществе функционирует целый ряд «морских» интеграционных союзов с активным участием России, в документе взаимодействие с ними даже не упоминается. По всей видимости, отобраны только те интеграции, которые способны решать эту задачу. Так, в Тихоокеанском направлении к таковым были отнесены АСЕАН и АТЭС, в Каспийском направлении – государства-участники Конвенции о правовом статусе Каспийского моря (2018), в Арктическом направлении – государства-участники системы Договора об Антарктике. На тех направлениях, где союзы стран не упомянуты, акцент сделан на взаимодействие с конкретными странами: в Индоокеанском направлении – развитие стратегического партнерства и военно-морского сотрудничества с Индией, Ираном, Ираком, Саудовской Аравией и др.; в Атлантическом направлении – укрепление партнерства с Сирией, обеспечивающее военно-морское присутствие России в Средиземном море на основе пункта материально-технического обеспечения ВМФ. И только при выделении национальных интересов России в наиболее конкурентном Арктическом направлении не декларируется необходимость сотрудничества с конкретными союзами стран или с конкретными странами.

В меньшей степени в документе внимание уделяется локальному территориальному уровню. Подчеркивается недостаточное число зарубежных пунктов базирования для обеспечения кораблей и судов ВМФ (как и в случае с глобальным территориальным уровнем, в первых вариантах «Морской доктрины Российской Федерации» важность локального уровня даже не была обозначена). Отталкиваясь от основных текущих маршрутов, в рамках которых корабли ВМФ России решают задачи в Мировом океане [24], можно констатировать, что военные суда России контролируют преимущественно береговую зону Евразии вдоль основных международных торговых транспортных путей. Это 22 пункта присутствия в 19 странах мира. Однако только в Сирии есть постоянный пункт материально-технического обеспечения ВМФ РФ. Отсутствие достаточного количества пунктов базирования за пределами страны – один из основных лимитирующих факторов в реализации национальных интересов (как политических, так и экономических) с помощью морской деятельности.

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

Заключение

Проведенное исследование позволяет констатировать, что в официальных документах, регламентирующих региональные приоритеты современной национальной морской политики России, она рассматривается как «великая континентальная и морская держава», имеющая систему национальных интересов на разных территориальных уровнях: от глобального, макрорегионального, регионального, национального до локального, что позволяет использовать по отношению к России статус «мировая держава». И если макрорегиональный уровень был выделен еще в первой версии «Морской доктрины Российской Федерации» (2001), то появление и диверсификация всех остальных уровней связана с последней версией документа (2022). Это позволяет предположить, что основным фактором «географизации» документа является изменение геополитического вектора развития страны под влиянием обострения отношений России со странами коллективного Запада и, как следствие, трансформации не только внешнеполитических приоритетов, но и логистики, обеспечивающей внешнеторговые операции страны, а значит, необходимости поиска реальных путей решения данной проблемы. Географические знания всегда конкретны и в данном контексте позволяют делать это эффективно.

Вместе с тем необходимо отметить потенциальный (в определенной мере), перспективный характер заявленных в документе региональных приоритетов. Об этом свидетельствует согласованность расстановки региональных приоритетов официальной морской национальной политики России в большей мере с функционированием военно-морского, нежели торгового флота страны, а также концентрация национальных интересов России (на национальном и локальном уровнях) вдоль береговой зоны Евразии. Данный аспект обогащает аргументацию тех исследователей, которые рассматривают Россию как региональную державу.

Таким образом, наличие географического содержания в официальных документах, регламентирующих морскую политику России, позволяет определить географический и политический статусы страны, выявить географические морские факторы, способствующие обеспечению ее национальной безопасности и укреплению позиций в мировом сообществе, и, самое главное, формирует прикладной характер внешней политики.

Библиографический список

1. Арктическая геополитика и интересы России / А.В. Семенов, С.С. Жильцов, И.С. Зонн, А.Г. Костяной // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 5 (8). С. 313.
2. Дружинин А.Г. «Морская» составляющая Российской общественной географии: традиции и новации // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 6. С. 7–16.
3. Дружинин А.Г. Приморская зона России как общественно-географический феномен: подходы к концептуализации делимитации // Балтийский регион. 2016. Т. 8, № 2. С. 85–100.
4. Дружинин А.Г., Кузнецова О.В. Учет «фактора моря» в федеральном регулировании пространственного развития России: постсоветский опыт и современные приоритеты // Балтийский регион. 2022. Т. 14, № 4. С. 4–19.
5. Журавлев О.В., Тушков А.А. Национальная морская политика России на Тихоокеанском и Индоокеанском региональных направлениях // Вопросы политологии. 2020. Т. 10, № 1 (53). С. 261–269.
6. Исмаилов А.И., Попов А.Н., Пучнин В.В. Национальные интересы Российской Федерации в мировом океане и инструменты государственной политики для их защиты // Военная мысль. 2020. № 12. С. 6–13.
7. Каспийский регион в процессах регионализации Евразии: Коллективный научный доклад / отв. ред. Л.Б. Вардомский. М.: Институт экономики РАН, 2023. 74 с.
8. Курьлев К.П., Пархитко Н.П., Никулин М.А. Военно-морская сила России в Черноморском и Средиземноморском регионах // Постсоветские исследования. 2020. Т. 3, № 1. С. 26–39.
9. Курьлев К.П. Черноморский регион в концептуальных документах, определяющих военно-стратегические интересы России // Парадигмы истории и общественного развития. 2021. Вып. 23. С. 23–26.
10. Лукин Ю.Ф. Арктические вызовы России // Россия: общество, политика, история. Общественные процессы и явления. 2022. № 2 (2). С. 59–87.
11. Лукин Ю.Ф. Международные морские пути грузоперевозок в Арктике // Арктика и Север. 2020. № 40. С. 225–253.
12. Лукин Ю.Ф. Многоликая Арктика в потоке времени и смыслов. Архангельск: Северный федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 2019. 241 с.
13. Попов А. Развитие нормативно-правового обеспечения морской деятельности Российской Федерации // Морской сборник. 2021. № 3 (2088). С. 40–45.
14. Потоцкая Т.И. Геополитические аспекты формирования морских стратегий нефтяного экспорта России // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. № 2 (53). С. 37–47.
15. Потоцкая Т.И. Географические факторы определения правового статуса Каспийского моря // Геополитика и геоэкономика регионов. 2020. Т. 6, № 4. С. 22–35.
16. Потоцкая Т.И. Закавказье как региональный приоритет постсоветского пространства во внешней политике России: геополитический анализ // Псковский регионалистический журнал. 2024. № 1. С. 3–18.
17. Решетникова Л.М. Внешнеполитическая стратегия России в Каспийском регионе в 2000-е годы: военно-политический аспект // Гуманитарный научный вестник. 2021. № 12. С. 138–143.
18. Стрюковатый В.В. Геостратегическое положение России на Балтике как угроза морской блокады в современных условиях // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер. Естественные и медицинские науки. 2024. № 1. С. 57–75.
19. Чудесов В.В. Геополитический контекст реализации внешней политики России в АТР // Власть и управление на Востоке России. 2017. № 4 (81). С. 134–141.

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

20. Боброва Ю.В. Северный морской путь: национальный правовой режим в меняющемся международном контексте // Российский совет по международным делам. 2016. № 9. URL: <https://russiancouncil.ru/upload/NorthernSeaRoute-Policybrief9-ru.pdf> (дата обращения 19.02.2024)
21. Антарктика // Министерство иностранных дел Российской Федерации. URL: https://www.mid.ru/foreign_policy/legal_problems_of-international_cooperation/1723481/ (дата обращения 02.06.2024)
22. Боевые корабли и подводные лодки Российской Федерации 2024 // RussianShips.info. URL: <https://russianships.info/today/> (дата обращения 29.07. 2024)
23. Военно-Морской флот // Министерство обороны Российской Федерации. URL: <https://structure.mil.ru/structure/forces/navy.htm> (дата обращения 21.07. 2024)
24. Карта присутствия ВМФ РФ в Мировом океане // Mil.Press FLOT. URL: https://flot.com/project/map/?clear_cache=Y (дата обращения 31.07. 2024)
25. Конвенция о правовом статусе Каспийского моря // Президент. URL: <http://www.kremlin.ru/supplement/5328> (дата обращения 04.02.2024)
26. Морская доктрина Российской Федерации // Министерство иностранных дел Российской Федерации. URL: https://www.mid.ru/foreign_policy/official_documents/1688734/ (дата обращения 14.02.2024)
27. Россия // Большая Российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/rossia-2d5512> (дата обращения 19.02.2024)
28. Указ Президента Российской Федерации «О военно-административном делении Российской Федерации». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402260031> (дата обращения 29.07. 2024)
29. Федеральное агентство морского и речного транспорта (Росморречфлот). URL: <https://sudostroenie.info/novosti/38317.html> (дата обращения 31.07. 2024)
30. Tatyana I., Pototskaya Y., Gnezdova V. Russia's Arctic Oil Transportation Export Strategy: The Geographical Aspect // The Handbook of the Arctic: A Broad and Comprehensive Overview. URL: https://meteor.springer.com/container/contribute.jsf?id=224405&auth_user=556658&auth_key=0c92644f8b1494466e6ca99eabb6dfdd (дата обращения 19.07.2023)
- References**
1. "Arctic geopolitics and Russia's interests" (2014), *Educational resources and technologies*, no. 5 (8). 313 p.
 2. Druzhinin, A.G. (2016), "The "marine" component of Russian social geography: traditions and innovations", *Izvestia of the Russian Academy of Sciences. Geographic series*, no. 6. pp.7–16.
 3. Druzhinin, A.G. (2016), "The Primorsky Zone of Russia as a Socio-Geographical Phenomenon: Approaches to the Conceptualization of Delimitation", *Baltic region*, Vol. 8. no 2. pp. 85–100.
 4. Druzhinin, A.G., Kuznetsova O.V. (2022), "Taking into account the "sea factor" in federal regulation of spatial development of Russia: post-Soviet experience and modern priorities", *Baltic region*, Vol. 14, no. 4. pp. 4–19.
 5. Zhuravlev, O.V., Tushkov, A.A. (2020), "National Maritime Policy of Russia in the Pacific and Indian Ocean Regional Directions", *Questions of Political Science*, Vol.10. no. 1 (53). pp. 261–269.
 6. Ismailov, A.I., Popov, A.N., Puchnin, V.V. (2020), "National interests of the Russian Federation in the world ocean and instruments of state policy for their protection", *Voennaya mysl'*. 2020. no. 12. pp. 6–13.
 7. "The Caspian region in the processes of regionalization of Eurasia: Collective scientific report" (2023), Moscow: Institute of Economics. Russian Academy of Sciences. 74 p.
 8. Kurylev, K.P., Parkhitko, N.P., Nikulin, M.A. (2020), "Russia's Naval Power in the Black Sea and Mediterranean Regions", *Post-Soviet Studies*, Vol. 3. no. 1. pPp. 26–39.
 9. Kurylev, K.P. (2021), "The Black Sea Region in Conceptual Documents Defining Russia's Military-Strategic Interests", *Paradigms of History and Social Development*. Issue 23. pp. 23–26.
 10. Lukin, Y.F. (2022), "Russia's Arctic Challenges", *Russia: Society, Politics, History. Social Processes and Phenomena*, no. 2 (2). pp. 59–87.
 11. Lukin, Y.F. (2020), "International Sea Routes for Cargo Transportation in the Arctic", *Arctic and North*, no. 40. pp. 225–253.
 12. Lukin, Y.F. (2019), "The Many-Faced Arctic in the Stream of Time and Meanings". Arkhangelsk: Northern Federal University named after M.V. Lomonosov, 241 p.
 13. Popov, A. (2021), "Development of regulatory framework for the maritime activities of the Russian Federation", *Morskoj sbornik*, no. 3 (2088). pp. 40–45.
 14. Potockaya, T.I. (2020), "Geopolitical aspects of the formation of maritime strategies for Russia's oil exports", *Geographical bulletin*, no. 2 (53). pp. 37–47.
 15. Potockaya, T.I. (2020), "Geographical factors in determining the legal status of the Caspian Sea", *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, Vol. 6, no. 4. pp. 22–35.
 16. Potockaya, T.I. (2024), "Transcaucasia as a regional priority of the post-Soviet space in Russia's foreign policy: geopolitical analysis", *Pskovskij regionologicheskij zhurnal*, no. 1. pp. 3–18.
 17. Reshetnikova, L.M.(2021), "Russia's Foreign Policy Strategy in the Caspian Region in the 2000s: Military-Political Aspect", *Gumanitarnyj nauchnyj vestnik*, no. 12. pp. 138–143.
 18. Stryukovaty, V.V. (2024), "Russia's Geostrategic Position in the Baltic as a Threat of Naval Blockade in Modern Conditions", *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural and Medical Sciences*, no. 1. pp. 57–75.
 19. Chudesov, V.V. (2017), "Geopolitical Context of the Implementation of Russia's Foreign Policy in the Asia-Pacific Region", *Vlast' i upravlenie na Vostoke Rossii*, no. 4 (81). pp. 134–141.
 20. Official website of the Russian International Affairs Council (2016), available at: <https://russiancouncil.ru/upload/NorthernSeaRoute-Policybrief9-ru.pdf> (Accessed 2 February 2024).
 21. Official website of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (2024), available at: https://www.mid.ru/foreign_policy/legal_problems_of-international_cooperation/1723481/ (Accessed 2 June 2024).
 22. Official website RussianShips.info (2024), available at: <https://russianships.info/today/> (Accessed 29 July 2024).

Экономическая, социальная и политическая география
Потоцкая Т.И.

23. Official website of the Ministry of Defense of the Russian Federation (2024), available at: <https://structure.mil.ru/structure/forces/navy.htm> (Accessed 21 July 2024).

24. Official website Mil.Press FLOT (2024), available at: https://flot.com/project/map/?clear_cache=Y (Accessed 31 July 2024).

25. Official website of the President of Russia (2024), available at: <http://www.kremlin.ru/supplement/5328> (Accessed 2 February 2024).

26. Official website of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (2024), available at: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/official_documents/1688734/ (Accessed 2 February 2024).

27. Official website of the Great Russian Encyclopedia (2024), available at: <https://bigenc.ru/c/rossiia-2d5512> (Accessed 19 February 2024).

28. Official Internet portal of legal information (2024), available at: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202402260031> (Accessed 29 July 2024).

29. Official website of the Federal Agency for Maritime and River Transport of the Russian Federation (2024), available at: <https://sudostroenie.info/novosti/38317.html> (Accessed 31 July 2024).

30. Tatyana I. Pototskaya, Yulia V. Gnezdova (2022), "Russia's Arctic Oil Transportation Export Strategy: The Geographical Aspect", *The Handbook of the Arctic: A Broad and Comprehensive Overview*, available at: https://meteor.springer.com/container/contribute.jsf?id=224405&auth_user=556658&auth_key=0c92644f8b1494466e6ca99eabb6dfdd (Accessed 31 July 2024).

Статья поступила в редакцию: 08.08.24, одобрена после рецензирования: 02.09.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 8 August 2024; approved after review: 2 September 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Татьяна Ивановна Потоцкая

доктор географических наук,
профессор кафедры географии,
Смоленский государственный университет;
214000, Россия, г. Смоленск, ул. Пржевальского, 4

Information about the author

Tatyana I. Pototskaya

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Department of Geography,
Smolensk State University;
4, Przheval'skogo st., Smolensk, 214000, Russia
e-mail: ptismolensk@yandex.ru

Научная статья

УДК 911.3+314(480)

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-25-40

ГЕОДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ФИНЛЯНДИИ В XXI ВЕКЕ**Юрий Александрович Ступин**

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

y.stupin@spbu.ru

Аннотация. В 2010-е гг. геодемографическое развитие Финляндии вступило на новый этап, главными особенностями которого стали резкое усиление иммиграции (как из Европы, так и из стран Азии и Африки) и снижение естественного прироста с переходом в естественную убыль. В условиях кризиса, с учётом территориальной масштабности и слабой заселённости страны особую актуальность приобретает проблема неравномерности демографического развития. Цель исследования – охарактеризовать пространственную неоднородность демографического развития Финляндии в период кризиса. Методы исследования – статистический (ключевой), картографический, описательный, а также типологизации и районирования. Типологизация низовых административно-территориальных единиц произведена на основании критериев общего демографического тренда (прирост или убыль населения) и соотношения его факторов – естественного и миграционного прироста в 2016–2022 гг., также учитывалось соотношение внутренней и международной миграции. Выделено 2 типа, 4 подтипа и 11 типологических групп. Районирование производилось с использованием сетки АТЕ первого уровня – областей. В качестве критериев использовались компоненты динамики численности населения, продолжительность жизни, особенности возрастного состава. Выявление районов проводилось методом кластерного анализа, который позволил выделить 4 мезорайона и 11 районов. В условиях демографического кризиса и увеличения масштабов миграции качественно усилились концентрические тенденции геодемографической трансформации и полярные черты геодемографической обстановки. Из четырёх мезорайонов прогрессивный демографический тренд сохраняют лишь два. Главный полюс демографического роста Финляндии обозначен как «южный полумесяц», соединяющий крупнейшие городские агломерации страны, с доминированием столичного региона. Географическое положение благополучных с демографической точки зрения частей страны способствует «стягиванию» населения к морскому побережью, особенно южному. Выделена группа второстепенных полюсов роста – оулуцкий, куопиоский, йювяскюляский и другие. Остальная территория теряет население, сильнее всего убыль выражена на востоке Финляндии. Демоцентр устойчиво смещается в южном направлении с некоторой западной составляющей.

Ключевые слова: Финляндия, геодемографическая обстановка, концентрация населения, иммиграция, геодемографическое районирование

Для цитирования: Ступин Ю.А. Геодемографическая обстановка в Финляндии в XXI веке // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 25–40. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-25-40

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-25-40

GEODEMOGRAPHIC SITUATION IN FINLAND IN THE 21ST CENTURY**Iurii A. Stupin**

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

y.stupin@spbu.ru

Annotation. In the 2010s, the geodemographic development of Finland entered a new stage, the main features of which were a sharp increase in immigration (both from Europe and from the countries of Asia and Africa) and a decrease in natural growth with a transition to natural decline. In times of crisis, taking into account the country's territorial scale and low population density, the problem of uneven demographic development becomes particularly relevant. The study aims to characterize the spatial heterogeneity of demographic development in Finland during the crisis. Research methods employed include statistical method (as the major one), cartographic, descriptive methods, as well as typology and zoning. The lower administrative-territorial units (ATU) were typologized based on the criteria of the general demographic trend (population growth or decline) and the ratio between its factors – natural and migration growth in 2016–2022; the ratio between internal and international migration was also taken into account. Two types, four subtypes, and eleven typological groups have been identified. Zoning was carried out using a grid of first-level ATU – regions. The criteria used were components of population dynamics, life expectancy, and features of the age composition. The districts were identified using cluster analysis, which made it possible to distinguish 4 meso-districts and 11 districts. In the context of the demographic crisis and increasing migration, the concentric trends of geodemographic transformation and the polar features of the geodemographic situation have increased qualitatively. Of the four meso-districts, only two maintain a progressive demographic trend. The main pole of Finland's demographic growth is designated as the 'southern crescent', connecting the country's largest urban agglomerations, with the dominance of the capital region. The geographical location of the demographically prosperous parts of the country contributes to the 'pulling' of the population toward the sea coast, especially the southern coast. A group of minor growth poles has been identified – Oulu, Kuopio,

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.

Jyväskylä, and others. The rest of the territory is losing population, with the decline most pronounced in eastern Finland. The demographic center is steadily shifting in a southerly direction with some westerly component.

Keywords: Finland, geodemographic situation, population concentration, immigration, geodemographic zoning

For citation: Stupin, I.A. (2024). Geodemographic situation in Finland in the 21st century. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 25–40. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-25-40

Введение

Демографическое развитие современной Европы характеризуется наличием целого ряда проблем. Увеличение населения макрорегиона всё больше связывается с иммиграцией. Для автохтонного населения характерны сокращение рождаемости под влиянием старения населения и эволюции репродуктивного поведения (иногда именуемого не иначе, как «демографический суицид») в рамках второго демографического перехода, снижение естественного прироста с переходом на многих территориях в убыль, зона которой постоянно расширяется. В недалёкой перспективе всё перечисленное неизбежно отразится на социально-экономическом росте стран Европы. Указанные тенденции получили отражение и в демографическом развитии Финляндии. Постепенное сокращение естественного прироста перешло с 2016 г. во всё возрастающую естественную убыль, ознаменовав начало демографического кризиса в стране (до этого депопуляция в Финляндии отмечалась в 1940 г.). Эффект данного явления в настоящее время пока нивелируется за счёт масштабной иммиграции. Тем не менее, согласно последнему (сентябрь 2021 г.) прогнозу национальной статистической службы, иммиграция будет компенсировать естественную убыль лишь до 2034 г., после чего обозначится общее сокращение численности населения страны. Набирающий силу регрессивный демографический тренд является предпосылкой усиления исследовательского внимания к стране, а высокий динамизм развития демографического кризиса требует постоянной актуализации эмпирической информации и переосмысления происходящих в стране демографических процессов.

Для Финляндии особо актуальной представляется проблема неравномерности демографического развития в условиях кризиса. С одной стороны, это одна из немногих сравнительно крупных по территории стран Европы и при этом слабо (и крайне неравномерно) заселённая, её главные центры расположены резко асимметрично, в основном на окраинах государственной территории. Значительная часть территории располагается в Заполярье, а также на островах Балтийского моря. Финляндии присущи резкие демографические контрасты; сдвиги в размещении населения здесь обладают гораздо большим пространственным размахом, чем в малых и густонаселённых странах Западной Европы. Это касается и типичных для высокоурбанизированной страны центростремительных тенденций [1]. С другой стороны, в условиях кризиса демографическая бедность становится источником и новых угроз для страны – запустение обширных территорий, ослабление контроля над геопространством и др. Указанные особенности усиливают привлекательность Финляндии для демографического изучения.

Исследование внутренних особенностей демографического развития возможно с использованием инструментария геодемографии. По определению Г.М. Фёдорова, геодемография – «научная дисциплина, развивающаяся на стыке ряда общественных наук... Она обеспечивает комплексное изучение региональных особенностей демографических процессов в их обусловленности как внутренними (демографическими), так и внешними (экономическими, расселенческими, социальными, этническими, экологическими, политическими) факторами» [14, с. 7]. Э.Л. Файбусович и С.Ю. Корнекова подчёркивают важность для научных геодемографических исследований «лично полученных результатов, социологических методов и т.д.». По мнению процитированных авторов, «оригинальные выводы можно было бы получить, более глубоко изучив влияние природных, экономических, культурных и иных условий на специфику региональных демографических процессов» [12, с. 32]. В понятийном аппарате геодемографии центральное место занимает категория геодемографической обстановки. Г.М. Фёдоров определяет её как «совокупность отношений между демографическими и всеми прочими компонентами региона. Она соединяет его экономическую, социальную, расселенческую и другие функциональные подсистемы (этносистему, социоэкосистему) с демографической и включает демографические процессы и структуры, а также экономико-, социально-, расселенческо-, этно-, эколого-демографические связи (отношения)» [14, с. 10]. Вопросы методики геодемографического районирования затронуты в процитированной статье Г.М. Фёдорова (применительно к России); эти же проблемы более детально рассматривались М.Н. Куница [7].

Демографическое развитие Европы – предмет неизменного интереса как российских, так и зарубежных исследователей. Один из главных сюжетов – нарастание в макрорегионе упомянутых в начале раздела негативных демографических тенденций с точки зрения глобальных демографических теорий [5; 9; 13 и др.]. Ряд исследований посвящён характеристике региональных демографических тенденций в странах Северной Европы [21, 38]. Важной темой в научных исследованиях стали демографические последствия пандемии COVID-19 [2 и др.]. Другой популярный сюжет – миграционные процессы, интерес к которым резко возрос под влиянием «миграционного кризиса» середины 2010-х гг. [11; 16; 26 и др.]. Есть и работы, посвящённые миграционным процессам в Северной Европе [3; 9].

Понятно, что наибольшее внимание проблемам демографического развития Финляндии уделяется учёными из этой страны. В их работах рассмотрены новейшие тенденции демографического развития как страны в целом [22; 25], так и её регионов [23], миграций населения [19; 24 и др.]. Недавний выпуск географического журнала *Fennia* был целиком посвящён актуальной для Финляндии и её соседей проблеме сужения освоенного

пространства периферийных районов [17]. В русскоязычной литературе исследований, связанных с демографическим развитием Финляндии, по оценке автора, не очень много. В частности, отметим статьи В.Л. Мартынова с соавторами [1; 8], Ю.М. Килина [4] и др. Из близких по тематике трудов можно выделить довольно многочисленные статьи о проблемах урбанизации и управления пространственным развитием (в особенности городским). Геодемографические различия в русскоязычных работах рассматриваются крайне редко, особое внимание уделяется лишь столице. Демографическое развитие Финляндии также описывается в рамках изучения более обширных территорий. Особо отметим здесь многочисленные труды калининградских географов, многие годы плодотворно изучающих Балтийский регион, не в последнюю очередь – в демографическом аспекте [6; 15 и др.].

В целом, можно отметить недостаточную изученность пространственной неравномерности демографического развития Финляндии в условиях демографического кризиса второй половины 2010-х – начала 2020-х гг.

Материалы и методы

Основным методом исследования, применявшимся в работе, был статистический. Также использовались методы картографической, описательной, типологизации и районирования. Источниковую базу работы составили банки данных национальной статистической службы Финляндии (Tilastokeskus), а также других североевропейских стран [27–37]. Они содержат детальную (в том числе в территориальном разрезе), многообразную, а также регулярно и оперативно актуализируемую информацию о населении страны за длительные временные периоды.

Для характеристики территориального разнообразия демографического развития Финляндии был выбран типологический подход. Критериями типологизации низовых административно-территориальных единиц (АТЕ) – коммун – служили вектор демографического развития (рост или сокращение численности населения) и соотношение компонентов динамики численности населения – естественного прироста и миграции. Для территорий, теряющих население, учитывался также масштаб убыли – умеренная (среднегодовой общий прирост менее -1% в год) или высокая (ниже -1%).

Банк статистических данных для типологизации составили сведения о компонентах изменения численности населения коммун за период с 2016 по 2022 гг. – временной отрезок, когда в Финляндии в страновом масштабе наблюдался перевес смертности над рождаемостью. Помимо прочего, использование такого временного интервала (7 лет) позволило нивелировать случайные колебания демографических показателей. В стране немало коммун с крайне малочисленным населением. В 52 коммунах население составляет менее 2000 человек, в том числе в 6 – менее 500 (2022 г.). Понятно, что число демографических событий в таких АТЕ за год будет крайне невелико. Судить о происходящих на такой малой территории процессах необходимо по более длительному временному интервалу. Для выявления черт динамики демографического процесса также использовались укрупнённые интервалы (за 1991–1995 и 2018–2022 гг.).

Результаты исследования

Кризисные черты демографического развития. В начале XXI в. в Финляндии продолжается снижение темпов демографического роста. Динамика численности населения страны в последние 50 лет имеет неравномерный, волнообразный характер: отчётливо выделяются четыре волны с нижними экстремумами в 1976–1978, 1987, 2000–2002 и 2018 гг. После прохождения этих пиковых значений следовал рост населения, однако после 2002 г. подъём оказался гораздо слабее, чем в предыдущие десятилетия; линия тренда после относительной стабилизации в 80-е – 90-е гг. вновь приобрела нисходящий вид. Экстремум 2018 г. (годовой прирост $-0,09\%$) был гораздо ниже, чем предыдущие. Интересно, что даже в пандемийном 2020 г. темпы роста оказались выше, чем в 2018 г. (рис. 1).

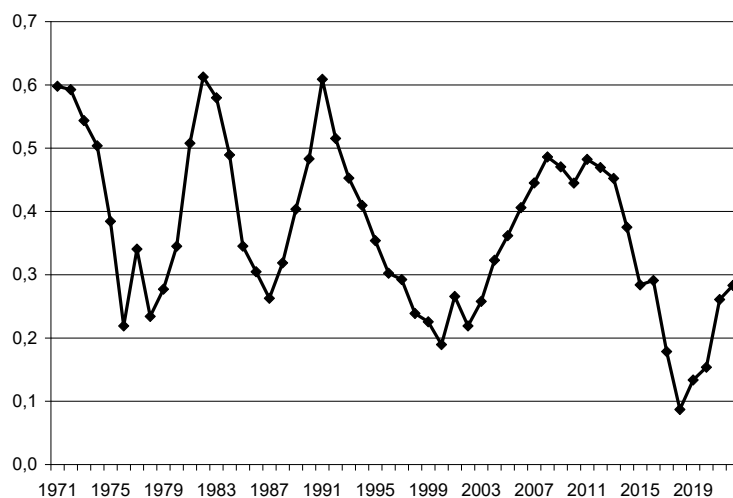


Рис. 1. Темпы прироста населения Финляндии в 1971–2022 гг., %. Подсчитано по данным [31]

Fig. 1. Population growth rate in Finland in 1971–2022, %. Calculated based on data from [31]

Постепенное снижение темпов роста населения определяется уменьшением темпов ЕП. К 70-м годам XX в. население Финляндии вступило в четвёртую фазу демографического перехода. Смертность к этому времени практически стабилизировалась (не выходя в последующие несколько десятилетий за пределы интервала 9–10 ‰), несмотря на прогрессирующее старение населения. Его эффект, по-видимому, нивелировался ростом продолжительности жизни под влиянием наступающей четвёртой стадии эпидемиологического перехода. Дальнейшие изменения ЕП, таким образом, определялись в основном меняющейся рождаемостью. До начала 80-х гг. она стабильна и даже имеет тенденцию к неустойчивому росту (сказывалось вступление в репродуктивный возраст многочисленных «бэби-бумеров», родившихся в конце 40-х гг.). Однако уже к середине 80-х гг. эта довольно слабо выраженная «демографическая волна» идёт на спад, и рождаемость постепенно снижается. В динамике данного процесса за последние 50 лет также можно выделить несколько периодов:

1) середина 80-х – середина 90-х гг. – первая волна снижения ЕП, особенно проявившаяся в 80-е гг.; на этом фоне набирают силу признаки «второго демографического перехода» (быстрый рост доли внебрачных рождений, распространение альтернативных форм семьи и т.д.);

2) 2-я половина 90-х – середина 2000-х гг. (новое снижение ЕП до уровня 1,2–1,5 ‰);

3) 2-я половина 2000-х гг. (кратковременная стабилизация и даже некоторое увеличение ЕП – в 2009 г. последний раз было зафиксировано значение общего коэффициента естественного прироста (ОКЕП) на уровне 2,0 ‰);

4) 2010-е – 2020-е гг. (быстрое снижение темпов ЕП с переходом с 2016 г. в устойчивую и постоянно возрастающую естественную убыль). Здесь особенно резко проявилось себя сокращение рождаемости. В предыдущие три периода суммарная рождаемость медленно и неустойчиво повышалась, хотя из-за набирающего силу старения населения ЕП всё равно снижался. За последние же 12 лет рождаемость буквально рухнула (СКР снизился с 1,87 в 2010 г. до 1,32 в 2022 г. [35]). Кроме того, в последние несколько лет впервые с 70-х гг. заметно выросла и смертность.

Отметим, что долгосрочные тенденции рождаемости и смертности почти не были поколеблены пандемией COVID-19. В постпандемийном 2022 г. зафиксировано минимальное значение ОКР и СКР за весь период статистического наблюдения (т.е. с середины XVIII в.) и значение ОКС, максимальное за период со второй половины 1940-х гг.

Обозначившийся во второй половине 2010-х гг. вектор демографических изменений заметно выделил Финляндию из других североевропейских стран. У соседей понижение ЕП либо совершенно не фиксируется, либо данная тенденция выражена очень слабо. Резкий «провал» 2022 г., напротив, проявился во всём регионе. Однако ЕП в других странах Северной Европы остаётся хоть и крайне низким, но положительным, лишь в Дании в 2022 г. отмечена незначительная естественная убыль. Таким образом, Финляндия стала региональным лидером новой волны демографического спада, который произошёл главным образом под влиянием резкого снижения рождаемости. Ранее она меньше выделялась из североевропейского тренда; в отдельные периоды, в частности до середины 60-х гг. (а также в конце 70-х – середине 80-х гг.), по коэффициенту ЕП Финляндия уступала только Исландии.

В наименьшей степени падение рождаемости проявилось на Аландских островах – по мнению финских исследователей, демографическое развитие автономии следует в большей степени скандинавским тенденциям, нежели тем, которые характерны для материковой Финляндии [25].

Причины снижения рождаемости однозначного объяснения пока не получили. Х. Хийламо отметил некоторую «загадочность» снижения рождаемости в стране после 2008 г. По мнению учёного, современные теории рождаемости не в состоянии удовлетворительно объяснить данный феномен [32]. А. Роткирх предполагает, что источник проблемы – неблагоприятное сочетание во времени нескольких факторов (экономических, демографических, социальных [25]). Роль «спускового механизма» для них сыграло ухудшение экономического положения под влиянием глобального финансово-экономического кризиса 2008–2009 гг.

На режим воспроизводства населения Финляндии некоторое влияние оказывает этнический фактор, что связано с широкомасштабной иммиграцией. Демографическая ситуация у автохтонного населения наиболее сложна, и приток мигрантов способствует некоторому смягчению демографических проблем страны. Так, уровень рождаемости у всех крупных иммигрантских этнических групп заметно выше, чем у финнов (даже у русских и эстонцев), несмотря на то что снижение рождаемости характерно и для приезжего населения (рис. 2). Впрочем, влияние иммигрантов на уровень рождаемости весьма ограниченное и проявляется лишь в первом поколении. У детей приезжих, родившихся в Финляндии, данная особенность репродуктивного поведения почти утрачивается [25].

Выделенные демографические тенденции отличаются заметной пространственной неоднородностью. Градиент снижения темпов ЕП направлен с юго-запада на северо-восток; отмечаются также внутрорегиональные различия соотношения рождаемости и смертности. Значительная (хотя и меньшая) часть территории Финляндии сохраняет положительный ЕП. Наиболее ярко данная особенность проявляется в столичном регионе (объединяет четыре смежные коммуны области Уусимаа – Хельсинки, Кауниайнен, Вантаа и Эспоо) и в области Северная Остроботния (г. Оулу и несколько соседних с ним коммун). В целом на западе и юго-западе Финляндии кризисные демографические тенденции выражены относительно слабо, исключением является лишь область Сатакунта. Напротив, с наибольшей силой демографический кризис проявляется на востоке страны. Эпицентр кризиса локализуется в восточной части Озёрной Финляндии – в смежных областях Южное Саво, Северная Карелия, Южная Карелия, Кюменьлааксо и Кайнуу (рис. 3).

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.

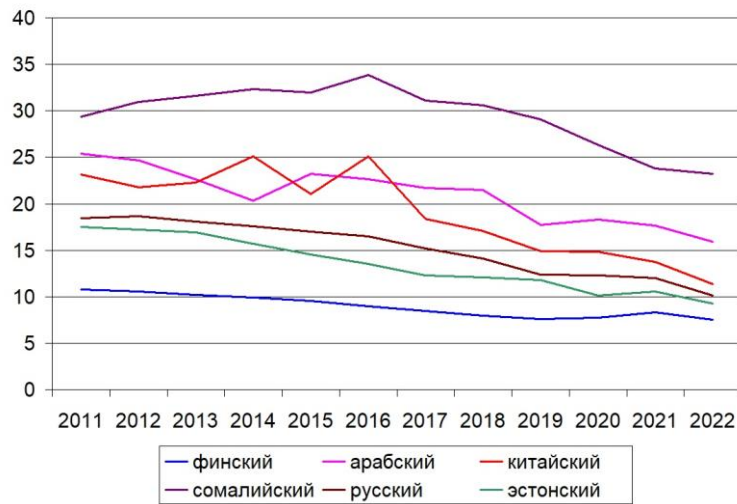


Рис. 2. Межэтнические различия общего коэффициента рождаемости (по данным о родном языке матерей; ‰).
Подсчитано по данным [34]

Fig. 2. Interethnic differences in the birth rate (according to data on mothers' native language; ‰).
Calculated based on data from [34].

Отмеченные различия во многом предопределяются территориальной неоднородностью возрастного состава населения. Суммарная рождаемость (не зависящая от возрастного состава) минимальна на юге страны – от Варсинайс-Суоми на западе до Северной Карелии на востоке – и возрастает по мере движения на север и запад (максимальна она на западе страны – в Остроботнии). Однако различия в возрастном составе нивелируют и деформируют данный эффект, поэтому с точки зрения ЕП внутристрановые различия выглядят по-иному.

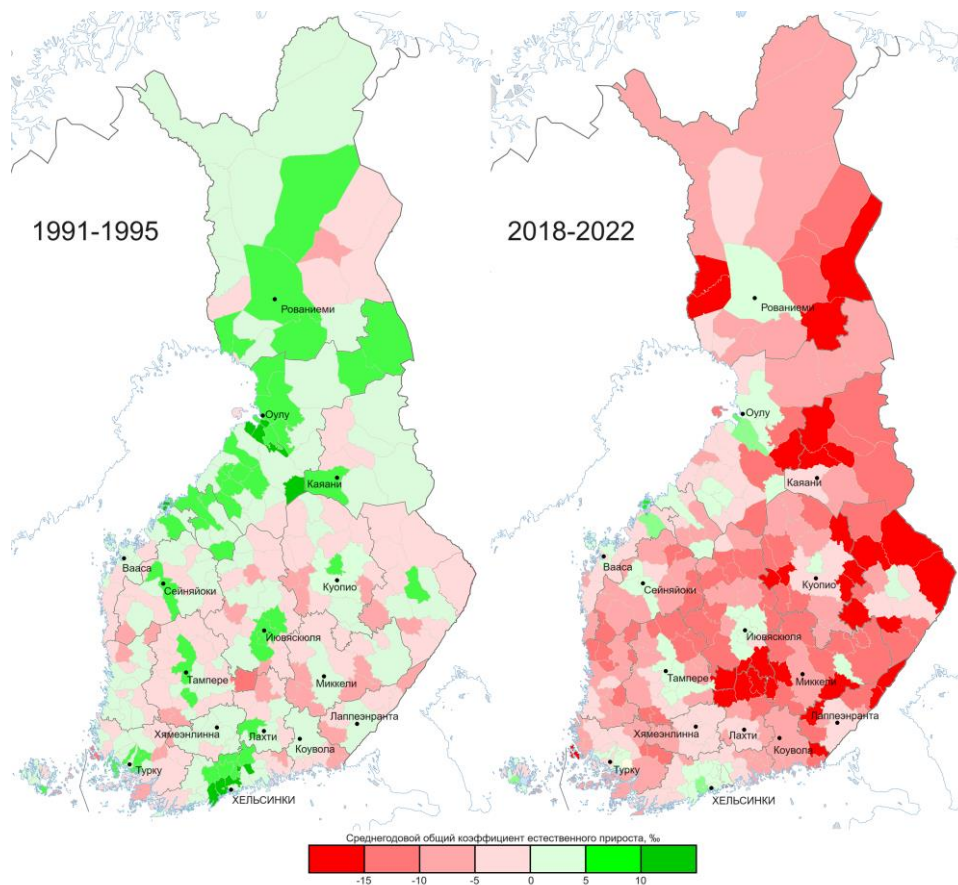


Рис. 3. Территориальные различия естественного прироста.
Среднегодовые общие коэффициенты ЕП подсчитаны по данным [36]

Fig. 3. Territorial differences in natural increase. Average annual rates of natural increase calculated based on data from [36]

На региональном уровне также отмечается определённая неоднородность. В соответствии с центр-периферийной моделью, областные центры с ближайшим окружением, как правило, характеризуются наиболее слабым проявлением демографического кризиса (рис. 2). Впрочем, активное развитие пригородов и городов-спутников приводит к тому, что ЕП порой максимизируется не в областном центре, а в его окружении. Ярко данная особенность проявляется в области Уусимаа. Здесь демографическое благополучие столичного региона обеспечивается его наиболее быстрорастущими окраинными городами-коммунами (Эспоо, Вантаа), а ЕП собственно в городе Хельсинки даже ниже среднеобластного уровня. Лишь на Аландах с их малочисленным населением уровень ЕП в административном центре существенно ниже, чем на окраинах.

Таким образом, внутривосточные геодемографические различия способствуют смещению демоцентра Финляндии в юго-западном направлении.

Миграционный фактор геодемографического развития. В XXI в. население страны растёт преимущественно (с 2016 г. – исключительно) за счёт притока внешних мигрантов. Финляндия стала страной иммиграции с начала 1980-х гг., и с этого времени суммарная нетто-миграция составила около 408 тыс. человек. Миграционный приток, довольно неустойчивый и небольшого масштаба в 80–90-е гг., значительно возрос в 2000-е гг., особенно в конце 2010-х гг.

К началу 2023 года в стране проживало 476,9 тыс. уроженцев иностранных государств. Состав мигрантов меняется: если в 1980–1990-е гг. в структуре иммиграции преобладали лица европейского происхождения (в составе которых значительную долю составляли выходцы из стран бывшего СССР), то в XXI в. всё большим становится удельный вес азиатов и африканцев (табл. 1).

Таблица 1

Иммигрантское население Финляндии в XXI в. [32]
The immigrant population of Finland in the 21st century [32]

Территория рождения	2000		2022	
	тыс. чел.	%	тыс. чел.	%
Всего	5181,1	100	5564,0	100
Всего родившихся за пределами Финляндии	136,2	2,6	476,9	8,6
Европа	96,4	1,9	256,9	4,6
Бывший СССР	32,9	0,6	63,9	1,1
Эстония	7,8	0,1	47,2	0,8
Россия	2,6	0,2	20,5	0,4
Швеция	28,0	0,5	33,9	0,6
прочие страны	25,1	0,5	91,4	1,7
Африка	9,5	0,2	45,6	0,8
Азия	18,6	0,4	138,3	2,5
Прочие регионы мира	6,9	0,1	36,1	0,7

В XXI веке наблюдается интерференция двух тенденций. С одной стороны, увеличивается численность и разнообразие структуры европейского по происхождению населения, что является отражением усиления подвижности населения внутри макрорегиона. Главную роль в ней продолжает играть ближайшее окружение Финляндии – Швеция, Эстония и Россия. Для двух последних стран фактором притягательности является более высокий уровень жизни в Финляндии, а также этнокультурная близость. Для эстонцев это близость языка к финскому. Немалую часть выходцев из России и Эстонии составляют финны-ингерманландцы, а также потомки ассимилированных российских финнов. Среди выходцев из Швеции, вероятно, значительную часть составляют потомки уроженцев Финляндии – до 80-х гг. она была страной эмиграции, и наиболее крупная группа эмигрантов направлялась именно в Швецию. И сейчас в этой стране живут многочисленные выходцы из Финляндии (на 2023 г. – 178 тыс. человек, что существенно больше числа проживающих в Финляндии уроженцев Швеции).

Вторая тенденция – резкое усиление иммиграции из-за пределов европейского макрорегиона, главным образом из стран Азии и Африки. Этот компонент внешней миграции стремительно набрал силу в 2010-х гг., став частью общеевропейского «миграционного кризиса». Как следствие, быстрое складывание многочисленной и весьма пёстрой по составу полиэтнической группы иммигрантского населения. Наибольшее количество переселенцев происходит из самых крупных по демографическому потенциалу стран соответствующих макрорегионов, а также из стран, отличающихся наиболее бедственным социально-экономическим положением (рис. 4).

Рост иммиграции находится в рамках общеевропейского тренда. Всё же эти черты «третьего демографического перехода» (по Д. Коулмэну) пока проявляются в Финляндии относительно слабо. Так, в Исландии удельный вес иммигрантов достигает 21,5 % [29], в Швеции – 20,4 % [37], в Норвегии – 16,0 % [28], в Дании – 13,1 % [27] населения (2023 г.). Из общей численности иммигрантов, проживающих в пяти североевропейских странах, на долю Финляндии приходится лишь 11 %. Рассматривая Финляндию как часть одного из мировых центров притяжения иммигрантов, её всё же следует отнести к окраинной части этого центра, притягательность которой сравнительно слаба. Связано это, по-видимому, с экономическими факторами. Так, по величине душевого ВВП Финляндия занимает последнее место в североевропейской «пятерке», почти вдвое уступая Норвегии. Играет роль также окраинное и несколько изолированное положение страны в пределах Европы.

Экономическая, социальная и политическая география

Ступин Ю.А.

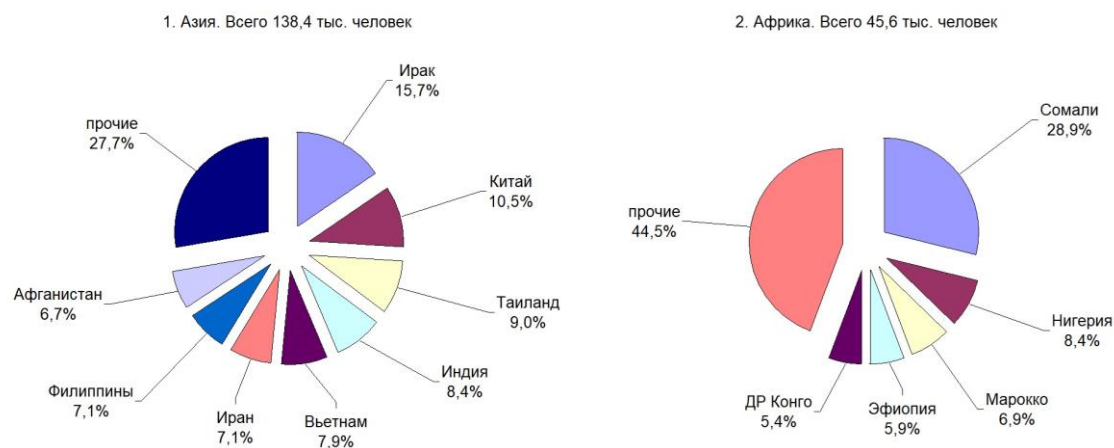


Рис. 4. Распределение мигрантов азиатского и африканского происхождения по странам рождения на конец 2022 г.

По данным [32]

Fig. 4. Distribution of migrants of Asian and African origin by country of birth at the end of 2022.

According to data from [32]

Приезжее население характеризуется резко концентрической территориальной организацией. Главным центром притяжения иммигрантов является столичный регион, в его четырёх коммунах сосредоточено 46,2 % иммигрантского населения, и здесь они составляют 20,4 % населения (на конец 2022 г.), причём в спутниковой зоне столичной агломерации (Вантаа и Эспоо) этот показатель несколько выше [32]. Другими сравнительно крупными центрами сосредоточения иммигрантского населения являются города Турку и Тампере, а также Аландские острова. На Аландах значительный удельный вес переселенцев (19 %) во многом объясняется малочисленностью местного населения. Наиболее крупной иммигрантской группой (около половины от общей численности) здесь являются уроженцы Швеции, близкой к островам в географическом и этнокультурном отношении; афро-азиатского населения на архипелаге сравнительно немного.

Важная особенность демографического развития Финляндии – масштабная и постоянно растущая внутренняя миграция: если в 1-й половине 1990-х гг. её оборот (только по межкоммунальным перемещениям) составлял в среднем около 350 тыс. человек в год, то в 2018–2022 гг. – уже почти 590 тыс. [36]. Пространственные особенности внутренней миграции сформировались давно и к 2020-м гг. существенных изменений не претерпели. В пределах Финляндии можно выделить три *центра притяжения внутренних мигрантов национального значения*: таковыми предсказуемо являются крупнейшие агломерации – Хельсинки, Турку и Тампере. Приток мигрантов сюда максимален; они привлекают переселенцев со всей территории страны и из-за её пределов. Как видно, все они расположены на юго-западе республики. Территориальные масштабы этих центров сравнительно невелики – окраинные районы даже подстоличной области Уусимаа (за пределами агломерации Хельсинки) характеризуются миграционным оттоком. Выделяется также группа *центров притяжения мигрантов регионального значения*, к которым в материковой Финляндии в основном можно отнести наиболее многолюдные, преимущественно университетские города. Это Хямеэнлинна, Лахти, Сейняйоки, Оулу, Йювяскюля, Куопио, Йюэнсуу, Рованиemi, Инари. На Аландах таким центром выступает коммуна Йомала, прилегающая с севера к Мариехамну, в которую расширяющийся региональный административный центр со временем и «прорастает» [8, с. 129]. В центрах регионального значения приток мигрантов значительно слабее, их территория большей частью ограничивается одной коммуной, реже – двумя-тремя смежными; мигранты здесь происходят в основном из ближайшего окружения – одной-двух областей. Как видно, число таких центров невелико, они есть далеко не в каждой области.

Центры притяжения внутренних мигрантов национального значения одновременно являются и главными местами концентрации иммигрантского населения. В то же время потоки иностранных переселенцев в большей степени сосредоточены в центральных частях крупнейших городов страны. Окраинные части центров притяжения мигрантов привлекают в основном финляндцев. В миграционном приросте Тампере роль внешней миграции невелика.

Потоки внутренней миграции в 2020-е гг. стали более концентрированными, чем в конце XX в. Особенно это заметно в центрах национального значения, которые ранее были более территориально обширными. Тем не менее общее количество центров регионального значения по сравнению с 1990-ми гг. несколько возросло: Лахти, Куопио, Рованиemi, Инари в конце прошлого века характеризовались слабым притоком мигрантов или даже миграционной убылью. Несколько снизилось значение Оулу – в 1990-х гг. этот город по масштабам миграции приближался к центрам национального значения.

Остальная часть территории страны, охватывающая 77 % её площади, является зоной миграционного оттока. На небольшой части этой территории (около 8 % площади Финляндии) отрицательное сальдо внутренней миграции компенсируется притоком иммигрантов; в большинстве случаев, однако, суммарная (внутренняя и внешняя) положительная нетто-миграция на таких территориях крайне незначительна по масштабу.

Таким образом, самые крупные потоки миграции, как внутренней, так и внешней, направлены в южную часть страны, в первую очередь, в столицу, и в годы демографического кризиса данная тенденция качественно усилилась. Под влиянием этого фактора становится более выраженной южная составляющая дрейфа демоцентра Финляндии.

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.

Геодемографическая типология и районирование Финляндии. Приведённые выше количественные данные показывают, насколько неравномерно проявляет себя демографический кризис, обозначившийся в Финляндии в середине 2010-х гг. Дополнительно усложняет картину влияние миграционного фактора, действие которого также демонстрирует значительную пространственную неоднородность. В результате на территории страны формируется мозаичная, поляризованная геодемографическая обстановка, и указанная особенность обусловлена разнообразным сочетанием факторов – естественного движения, внешней и внутренней миграции. Для обобщения этих различий целесообразно использовать методы типологизации (рис. 5) и районирования. Автором выделено 2 типа, 4 подтипа и 11 типологических групп низовых АТЕ Финляндии:

Тип I. Демографически благополучные

Подтип 1. Бифакторные

1.1. Растущие преимущественно под влиянием естественного прироста (ЕП);

1.2. Растущие преимущественно под влиянием миграции, в первую очередь внутренней;

1.3. Растущие преимущественно под влиянием миграции, в первую очередь международной.

Подтип 2. Контрастно-факторные

1.4. Растущие под влиянием ЕП, при наличии миграционного оттока;

1.5. Растущие за счёт миграционного притока (преимущественно внутренних мигрантов), при наличии естественной убыли;

1.6. Растущие за счёт миграционного притока (преимущественно международных мигрантов), при наличии естественной убыли.

Тип II. Кризисные

Подтип 3. Умеренно-кризисные (среднегодовая убыль населения – до 1 % в год)

2.1.1. Бифакторные;

2.1.2. Контрастно-факторные – с естественной убылью, при наличии положительного миграционного прироста;

2.1.3. Контрастно-факторные – с миграционным оттоком, при наличии положительного естественного прироста.

Подтип 4. Острокризисные (среднегодовая убыль населения – более 1 % в год)

2.2.1. С доминирующей ролью естественной убыли;

2.2.2. С доминирующей ролью миграции.

В подтипе 4 специально не выделялись контрастно-факторные коммуны, т.к. такие АТЕ встречаются в порядке редчайшего исключения.

Распределение коммун по выделенным типологическим группам автором отображено на рис. 5.

Анализ пространственного распределения коммун различных типологических единиц показывает, что АТЕ, характеризующиеся демографическим ростом, концентрируются в двух частях страны. Сравнительно крупные группировки коммун первого типа формируются из крупных городов и их ближайшего окружения. Примеров, когда демографическое развитие территории определялось бы в первую очередь соотношением рождаемости и смертности, крайне мало, это буквально единичные случаи, которые дают исключительно небольшие по территории и численности населения АТЕ. Как правило, демографический рост обеспечивается притоком мигрантов. В столичном регионе доминирует внешняя миграция; в Туркусской и Тамперской агломерациях, в окружении Хельсинки – внутренняя.

Ещё один сравнительно крупный район концентрации коммун с благоприятной геодемографической обстановкой находится на западе страны, в прибрежной части исторической области Остроботния. Почти все коммуны, относящиеся к типу I, сосредоточены в узкой береговой полосе, причём значительные по размеру группировки такие АТЕ образуют лишь в двух местах – в районе гг. Оулу и Вааса. На остальном участке остроботнийского побережья растущие коммуны расположены попеременно с кризисными.

Во внутренних районах страны демографически благополучные коммуны образуют лишь небольшие «острова». Как правило, это города со значительной людностью, иногда (для более крупных городов) с ближайшим окружением. Общее число их весьма невелико. Сельские коммуны такого типа встречаются в порядке редкого исключения. Остальная часть континентальной Финляндии – кризисные территории, постепенно утрачивающие демографический потенциал. Чаще всего это острокризисные коммуны; среди них резко преобладают территории группы 2.2.1. АТЕ, где ведущей движущей силой демографической убыли выступает миграционный отток, весьма немного, они сосредоточены в основном на западе, образуя полосу, протянувшуюся с севера на юг параллельно побережью Ботнического залива к западу от гряды Суоменселькя, образуя что-то вроде переходной зоны к демографически благополучной прибрежной полосе. Эта территориальная группа отличается сравнительно невысоким уровнем естественной убыли, поэтому там на первый план выходит миграция.

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.

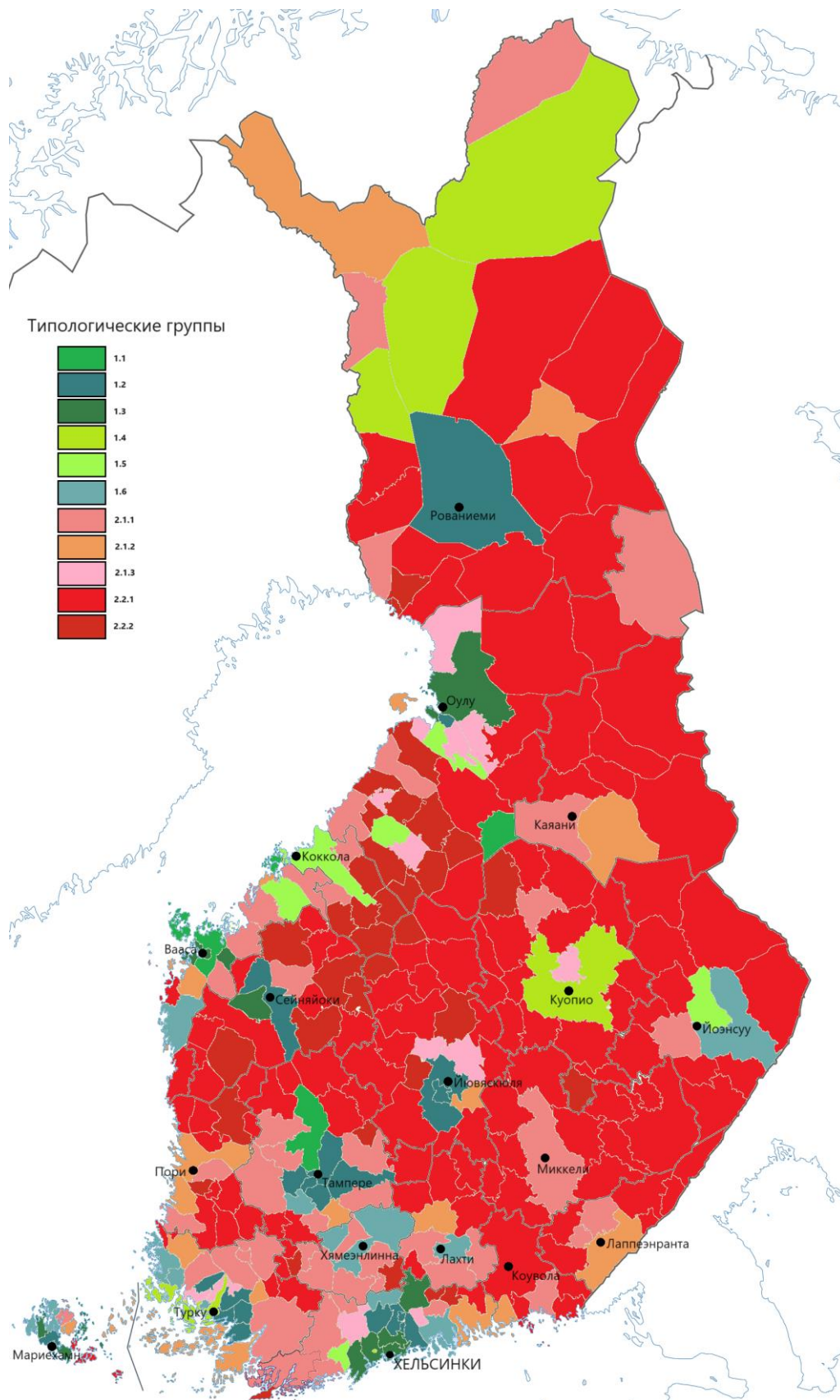


Рис. 5. Геодемографическая типология коммун Финляндии
Fig. 5. Geodemographic typology of Finnish municipalities

Территории, где проявляет себя демографический кризис, нередко встречаются и на юго-западе. Однако в этой части страны чаще можно видеть территории с умеренной убылью, острокризисных значительно меньше. Такие особенности можно наблюдать на окраинах областей, которые выступают своеобразными «антиподами» активно растущих крупных региональных городских центров.

Для характеристики пространственной неоднородности демографического развития Финляндии разработана схема геодемографического районирования страны. Автором использована методика М.Н. Куница, предполагающая выделение микрорайонов, отличающихся относительно однородными показателями динамики численности, естественного и миграционного движения, структуры населения, расселенческо-демографических отношений; районов – на основании выделения доминирующего типа геодемографической структуры (ГДС); мезорайонов – на основе доминирования одного типа в сочетании нескольких сходных типов ГДС; макрорайонов, характеризующихся общим генеральным трендом геодемографического развития [7].

В пределах Финляндии автором выделены геодемографические районы и мезорайоны. Районы определялись на базе АТД первого уровня (области). Районирование производилось на основе следующих показателей: общие коэффициенты рождаемости, смертности, естественного и миграционного прироста (с разделением на внутренний и внешний компоненты) [36]; особенности возрастной структуры (через показатель среднего возраста населения) [30]; ожидаемая продолжительность жизни [33]. Для показателей естественного и миграционного движения рассчитывались средние значения за период 2016–2022 гг., для показателей среднего возраста и продолжительности жизни использовались данные на конец 2022 г. На основе полученных данных производилась группировка областей путём кластерного анализа с использованием метода К-средних. Исходя из принципа территориальной непрерывности районов, разобщённые области, попавшие в один кластер, рассматривались как разные районы. Всего в результате анализа выделено 4 мезорайона и 11 районов:

Мезорайон I. Южный.

I.1. Уусимаа

I.2. Тампере-турку-аландский;

Мезорайон II. Остроботнийский (без выделения районов)

Мезорайон III. Внутренняя Финляндия

III.1. Канта-Хяме

III.2. Пяйят-Хяме

III.3. Сатакунта

III.4. Западно-Центральный (области Южная Остроботния, Центральная Финляндия, Северное Саво)

III.5. Кюми – Южное Саво (области Южное Саво, Кюменьлааксо)

III.6. Карельский

III.7. Кайнуу;

Мезорайон IV. Лапландский (без выделения районов).

Ниже приводятся краткие характеристики каждого из районов и мезорайонов (рис. 6).

Мезорайон I (Юго-Западный) объединяет три области материковой Финляндии (Уусимаа, Варсинайс-Суоми, Пирканмаа) и Аландскую автономию. Характеризуется доминированием ГДС с повышенной продолжительностью жизни, сравнительно молодым населением, положительным (хотя и невысоким) естественным приростом. Специфика возрастного состава несколько нивелирует эффект крайне низкой суммарной рождаемости – здесь её значения самые низкие в стране. На территории мезорайона расположены три крупнейшие городские агломерации страны, благодаря чему территория является аккумулятором крупнейшего числа внутренних мигрантов и абсолютного большинства иммиграционного притока. Всё перечисленное обеспечивает мезорайону наиболее прогрессивный демографический тренд.

Район I.1 (Уусимаа) соответствует самой густонаселённой подстоличной области, сосредотачивающей 30 % населения страны, причём концентрация эта постоянно возрастает. Геодемографическая обстановка здесь наиболее благоприятна, что обеспечивается молодым (по меркам Финляндии) возрастным составом населения, повышенной рождаемостью, низкой смертностью, положительным ЕП, а также масштабной миграцией, в первую очередь внешней, стремящейся в крупнейший город страны с наиболее развитой экономикой. Роль иммиграции особенно заметна в спутниковой зоне Хельсинки. Вследствие концентрации больших масс населения иностранного происхождения на режим воспроизводства населения оказывает влияние этнический фактор. Продолжительность жизни близка к средней по стране. Благоприятное сочетание факторов обеспечивает области устойчивый рост населения с темпом немногим менее 1 % в год. Центр-периферийные контрасты выражены довольно резко (особенно в широтном направлении), окраины Уусимаа в демографическом отношении мало отличаются от периферии любой другой области.

Район I.2 (Тампере-Турку-Аландский) объединяет остальные три региона Юго-Запада. Здесь благоприятные черты демографической обстановки выражены слабее, чем в Уусимаа. Возрастной состав близок к среднему по стране, продолжительность жизни повышенная, а на Аландах – самая высокая в Финляндии (83,5 года). Рождаемость чуть ниже средних значений, ОКС примерно на среднем для страны уровне. Наблюдается естественная убыль, но величина её небольшая, и она замещается масштабным притоком мигрантов.

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.



Рис. 6. Геодемографическое районирование Финляндии
Fig. 6. Geodemographic zoning of Finland

В структуре миграции преобладает внутренняя, однако в Варсинайс-Суоми и на Аландах на первый план выходит иммиграция. Контрасты между центром и окраинами особенно сильно выражены в Пирканмаа, в Варсинайс-Суоми – слабее. На Аландских островах картина довольно пёстрая, но в целом можно отметить тенденцию «стягивания» населения на Главный Аланд. Негативные тенденции, в свою очередь, более всего выражены на Внешних Аландах – небольших островках, расположенных между Главным Аландом и материком.

Мезорегион II (Остроботния) объединяет три области западной части страны. Эти регионы, несмотря на значительные геодемографические различия на коммунальном уровне, в целом демонстрируют черты близкого сходства, и по этой причине данная территория рассматривается как единый район. ГДС отличается противоречивостью. С одной стороны, здесь наблюдается самая высокая в стране рождаемость, пониженная смертность и положительный естественный прирост. Кроме того, район отличается повышенной продолжительностью жизни и более молодым, чем в целом по стране, населением. Повышенная рождаемость в мезорайоне в значительной степени объясняется религиозным фактором, а именно влиянием лестадианства – консервативного направления в лютеранстве, выступающего против ограничения рождаемости. Хотя лестадианцев немало по всей Финляндии (именно в этой стране сосредоточена основная масса последователей движения), в наибольшей степени их влияние ощущается в Остроботнии [40]. В литературе детально описан феномен коммуны Ларсмо [18], где лестадианцы составляют порядка 40 % населения. Рождаемость здесь и сейчас превышает смертность

более чем в 4 раза, а численность населения с 1990 г. выросла в 1,5 с лишним раза. В мезорегиональном масштабе отличия, конечно, проявляются не столь ярко, и со временем значимость религиозного фактора ослабевает, тем не менее особые черты режима воспроизводства населения Остроботнии сохраняет донныне. Мезорегион характеризуется незначительностью миграции – эффект от притока существенного числа иммигрантов практически полностью гасится за счёт оттока внутренних переселенцев. В итоге наблюдается прогрессивный демографический тренд, но выражен он значительно слабее, чем на юго-западе, и обеспечивается в основном его северной частью, находящейся под сильным влиянием большого города Оулу. Благоприятные черты демографической обстановки сильнее прослеживаются в прибрежной полосе, по мере движения вглубь континента они ослабевают.

Мезорегион III (Внутренняя Финляндия) охватывает остальную часть страны, выходя на морское побережье на западе в области Сатакунта, на побережье Финского залива – на узком участке в районе Котка – Хамина. На территории доминирует тип ГДС с низкой рождаемостью, высокой смертностью, значительной и почти повсеместной естественной и миграционной убылью. Из-за оттока молодёжи значимой проблемой становится старение населения (в отдельных коммунах средний возраст превышает 55 лет), продолжительность жизни пониженная. Для мезорегиона характерен устойчиво регрессивный демографический тренд, выраженность которого по мере углубления демографического кризиса будет усиливаться. Ход кластерного анализа продемонстрировал гомогенность мезорайона, различия между геодемографическими районами здесь выражены довольно слабо. Есть на данной территории районы-«близнецы» друг друга, которые отнесены к разным единицам районирования только из-за отсутствия между ними общей границы (в соответствии с принципом территориальной непрерывности района).

Район III.1 (Канта-Хяме) занимает промежуточное положение, «вклиниваясь» между двумя частями мезорегиона I и двумя крупнейшими агломерациями страны. ГДС характеризуется противоречивыми чертами, хотя в целом демографическую обстановку можно определить как умеренно неблагоприятную. Заметно старение населения (средний возраст – 46,1 года), уровень рождаемости пониженный, смертности – повышенный, ЕП отрицательный, умеренного масштаба. Район отличается небольшими масштабами миграционного движения. Внутренняя нетто-миграция отрицательная, но значительная часть миграционного оттока погашается за счёт при-

тока мигрантов из-за границы, хотя данный район привлекает наименьшее количество приезжих. Продолжительность жизни мало отличается от средней по стране. Под влиянием естественной убыли район теряет население, но темпы сокращения умеренные (около 0,4 % в год).

Район III.2 (Пяйят-Хяме). Восточный сосед предыдущего района, по многим чертам схожий с ним. Основная отличительная черта – небольшой масштаб миграционного оттока, с избытком компенсируемый иммиграцией (несмотря на то, что экономически данный район заметно беднее, чем Канта-Хяме). Областной центр большой город Лахти притягивает к себе часть мигрантов, что и ослабляет отток населения. Это способствует некоторому снижению темпов убыли населения (в среднем 0,27 % в год).

Район III.3 (Сатакунта). Занимает самую западную часть Внутренней Финляндии, разделяя своей территорией два демографически благополучных мезорайона. Относится к числу районов с наиболее неблагоприятными чертами ГДС, выражающимися в низкой рождаемости, высокой смертности и естественной убыли, заметном старении населения, пониженной продолжительности жизни, отрицательной внутренней нетто-миграции. Хотя до 70 % миграционной убыли погашается иммиграцией, под доминирующим влиянием естественной убыли Сатакунта теряет до 0,7 % населения в год.

Район III.4 (Западно-Центральный) объединяет области Южная Остроботния, Центральная Финляндия, Северное Саво. ГДС находится под сильным стабилизирующим влиянием двух больших университетских городов – Йювяскюля и Куопио, следствием чего является резкая внутренняя поляризация. Демографическая обстановка характеризуется низкой рождаемостью, повышенной смертностью, естественной убылью умеренного масштаба, старением населения. Продолжительность жизни близка к средней по стране. Особенность района – очень слабый отток внутренних мигрантов, что обусловлено миграционной аттрактивностью больших городов района. Иммиграция с избытком компенсирует небольшую убыль внутренних переселенцев. Тем не менее естественная убыль диктует общее сокращение населения, хотя темпы его и весьма умеренны (0,26 % в год).

Район III.5 (Кюми – Южное Саво) располагается на крайнем юго-востоке страны и отличается наиболее бедственной демографической обстановкой. Этому способствует почти полное отсутствие стабилизирующего влияния городов (Миккели, Коуволла). Уровень рождаемости самый низкий в стране, смертности и естественной убыли – самый высокий. Старение населения выражено сильнее всего (в Кюменьлааксо средний возраст – 49,5 года), уровень продолжительности жизни один из самых низких в Финляндии (около 80,5 года). Темпы оттока внутренних мигрантов максимальны в стране, хотя порядка 40 % его замещается иммиграцией (сказывается близость российской границы). Территория является старейшим очагом демографического неблагополучия, ещё в первой половине XX в. рост населения в тогдашней губернии Миккели почти прекратился. Промышленность в этой части Озёрного края почти не развивалась, а сельскохозяйственный потенциал ландшафтов был весьма ограничен. Это и вынуждало местное население покидать родину и переселяться в другие части страны. В конце века данный тренд захватил и долину Кюмийоки. В отличие от Миккели, эта территория – один из крупных старопромышленных районов Финляндии. Он сложился ещё во второй половине XIX в., на основе главным образом лесной промышленности, с главными центрами в Коуволла и Котка (р. Кюмийоки служила удобным путём для сплава леса, заготавливаемого в Сайменском бассейне). Обозначившийся к концу XX в. упадок отрасли дал импульс к сокращению населения. Но и сейчас это далеко не бедная часть Финляндии, душевой ВРП здесь выше среднего по стране, она располагается сравнительно недалеко от столицы на важных транспортных путях. Тем не менее оба региона – единственные АТЕ областного уровня, теряющие более 1 % населения в год, причём убыль населения отмечается и в областных центрах.

Район III.6 (Карельский) занимает приграничную полосу юго-востока страны. По основным особенностям ГДС схож с предыдущим районом, хотя негативные черты здесь проявляются несколько мягче. Здесь в 1-й половине XX в. также наблюдалось замедление демографического роста, но в стагнацию и депопуляцию оно всё же не перешло. Промышленность, особенно лесная и металлообрабатывающая, к этому времени получила хоть и ограниченное, но всё же более интенсивное развитие, чем в Миккели. Местные холмистые ландшафты («*vaaga*») более благоприятны для сельского хозяйства, чем Озёрная Финляндия. На сегодня главная отличительная черта района – высокие темпы притока внешних мигрантов, что понятно, учитывая приграничное положение района. Несмотря на то, что иммиграция полностью замещает отток внутренних переселенцев, под влиянием отрицательного ЕП район теряет свыше 0,5 % населения ежегодно. Кроме того, в скором будущем не исключено и существенное ослабление иммиграционной «подпитки» Карелии. Резкое ухудшение российско-финляндских отношений (вряд ли кратковременное), вероятно, будет способствовать сокращению притока иммигрантов.

Район III.7 (Кайнуу) занимает северную, крайне слабозаселённую окраину мезорайона. По особенностям ГДС очень схож с районом III.5 и характеризуется столь же негативными чертами демографической обстановки. Лишь старение населения здесь выражено чуть слабее, чем в районе-«близнеце»; в то же время продолжительность жизни на этой территории самая низкая в Финляндии. Население сокращается с 60-х гг. XX в., и в настоящее время район теряет немногим менее 1 % населения в год. В юго-западной части Кайнуу, в бассейне оз. Оулуярви (где расположен областной центр г. Каяани), негативные тенденции выражены слабее, чем на северо-востоке близ границы с Россией. Тем не менее и региональный центр испытывает убыль населения.

Мезорайон IV (Лапландия) объединяет обширную и крайне слабозаселённую северную часть страны. Длительное время данная территория была главным заселяемым районом Финляндии, однако к середине XX в. приток мигрантов сюда постепенно сошёл на нет, а в 1960-е гг. обозначилось сокращение населения. В настоящее время Лапландия по ключевым особенностям ГДС обрела многие черты сходства с предыдущим мезорайоном. Её можно рассматривать как северное продолжение мезорайона III, отделённое от него «перемычкой» из трёх восточных коммун Северной Остроботнии. Особенно схожа Лапландия с районами III.1 и III.4. ГДС характеризуется пониженной рождаемостью, повышенной смертностью, умеренной естественной убылью, заметным старением населения и пониженной продолжительностью жизни. Внутренняя нетто-миграция отрицательная, но масштабы её невелики, и она полностью компенсируется иммиграцией. Мезорайон теряет население, но умеренными темпами – около 0,4 % в год. Имеются заметные внутренние различия – в северо-западной части, расположенной ближе к шведской и норвежской границам, население либо растёт (Рованиеми, Инари), либо сокращается умеренными темпами. Юго-восточные коммуны страдают от демографического запустения сильнее всего.

Заключение

Таким образом, с 2010-х гг. геодемографическое развитие Финляндии вступило в новый этап, главными особенностями которого стали резкое усиление иммиграции и снижение естественного прироста с переходом в естественную убыль. В условиях наступившего демографического кризиса концентрические тенденции геодемографической трансформации качественно возросли, а полярные черты геодемографической обстановки заметно усилились. Постепенно сужающаяся зона демографического роста локализуется на ограниченных территориях близ южного и западного побережий. Главный полюс демографического роста Финляндии можно обозначить как «южный полумесяц». Он соединяет крупнейшие города страны – Турку, Хельсинки и Тампере – с их окружениями; все эти три города отстоят друг от друга чуть менее чем на 200 км. Второстепенную роль играют такие центры, как Хямеэнлиина, Лахти и Рийхимяки, также входящие в состав «полумесяца». Доминирующую роль в этой триаде играет, конечно, столичный регион. Эти города соединяются между собой сельскими районами, где сохраняется рост населения, хоть и более медленный, чем в городских центрах. Точки роста выстраиваются вдоль полимагистралей (состоящих из железных дорог, автодорог государственного значения и авиалиний), связывающих Хельсинки с Тампере, Турку и Лахти. Если в 1990 г. в пределах «полумесяца» (занимающего около 6 % территории Финляндии) проживало 40,6 % населения страны, то в 2023 г. – 49,6 %. По мере дальнейшего роста естественной убыли (внешняя миграция замещает её в первую очередь в столице) можно ожидать постепенного распада «полумесяца» на отдельные очаги, более крупные вокруг трёх главных центров и более локальные вокруг второстепенных.

Другие полюса демографического роста имеют региональный масштаб, они более территориально ограничены (рис. 5). На западе выделяется оулуцкий полюс (наиболее быстрорастущий из региональных), группа центров Остроботнии (несколько пространственно разобщённых коммун в пределах региона, наиболее значительные – Вааса и Сейняйоки), аландский. Последний включает остров Главный Аланд и ближайшие к нему. В центре страны выделяется йювяскюляский полюс, на юго-востоке – куопиоский, лаппеэнрантаский и йоэнсууский, на севере – рованиемский.

Остальная, резко преобладающая часть страны теряет население. На ряде территорий темпы демографической убыли чрезвычайно высоки. Так, в 24 коммунах за 1990–2022 гг. зафиксировано уменьшение численности населения более чем на 40 % (в т.ч. в одной коммуне даже более чем на 50 %). Ещё в первой половине XX в. рост населения прекратился на юго-востоке страны (Саво и часть Карелии). Затем стагнация стала переходить в сокращение численности населения, а зона убыли постепенно расширяться, в том числе за счёт периферийных районов других частей страны. В 2010-е годы данная территория особенно резко увеличилась, а её центр сместился в северном направлении (области Кайнуу и Лапландия).

Важную специфику геодемографической трансформации Финляндии придаёт локализация столицы (ведущего аккумулятора демографического потенциала) на южной окраине страны. Это, с одной стороны, задаёт направление дрейфа демоцентра Финляндии, противоположного характерному для доиндустриального периода. Тогда (до второй половины XIX в.) центр населённости под влиянием аграрных миграций смещался на северо-восток, в малоосвоенные внутриконтинентальные районы т.н. Природной Финляндии (Luonnon-Suomi). Ключевая особенность последующего периода – радикальный разворот этой точки в направлении на юг, обозначивший «возврат» населения в пределы т.н. Культурной Финляндии (Kulttuuri-Suomi). «Миграцией назад в историю» данный тренд 20 лет назад назвали финские географы [20]. В 2010-е годы под влиянием затухания естественного роста и подъёма миграции он получил новый импульс. Впрочем, в настоящее время демоцентр расположен уже в пределах «южного полумесяца» (в центральной части). Несомненно, в дальнейшем его дрейф в южном направлении (за счёт влияния столицы) сохранится, как и некоторая западная составляющая, но скорость смещения уменьшится (под влиянием Тампере). В русле указанной тенденции также находится усиление черт прибрежности территориальной организации населения Финляндии.

Экономическая, социальная и политическая география
Ступин Ю.А.

Библиографический список

1. Балабейкина О.А., Коробущенко В.Ю., Мартынов В.Л. Оценка уровня урбанизированности территории Финляндии // Региональные исследования. 2023. № 3 (81). С. 81–91. doi: 10.5922/1994-5280-2023-3-7
2. Вакуленко Е.С., Макарова М.Р., Горский Д.И. Репродуктивные намерения и динамика рождаемости населения разных стран в период пандемии COVID-19: аналитический обзор исследований // Демографическое обозрение. 2022. № 9 (4). С. 138–159. doi: 10.17323/demreview.v9i4.16747
3. Волков А.М. Миграционные потоки в страны Северной Европы // Вестник дипломатической академии МИД России. Россия и мир. 2020. № 1 (23). С. 126–142.
4. Килин Ю.М. Некоторые демографические тренды современной Финляндии // Studia Humanitatis Borealis. 2019. № 1 (12). С. 47–57.
5. Клунт М.А. Демография регионов Земли: [события новейшей демографической истории]. СПб: Питер, 2008. 346 с.
6. Кузнецова Т.Ю. Особенности динамики численности населения в граничащих друг с другом регионах России и стран Европейского союза // Балтийский регион. 2018. Т. 10, № 3. С. 41–57. doi: 10.5922/2079-8555-2018-3-3
7. Куница М.Н. Геодемографическое районирование территории в контексте региональной демографической политики (на примере Юго-Запада России) // Вестник Брянского государственного университета. 2011. № 4. С. 182–186.
8. Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Основные тенденции и проблемы развития Аландских островов // Балтийский регион. 2014. № 1 (19). С. 122–136.
9. Морозова Н.М., Алымова А.Г., Яковлева Е.С. Иммиграция и миграционная политика в странах Северной Европы // ДЕМИС. Демографические исследования. 2021. Т. 1, № 1. С. 87–96. doi: 10.19181/demis.2021.1.1.10.
10. Рудакова Е.К. Демографический кризис в Европе: типы воспроизводства населения // Власть. 2020. № 5. С. 246–253.
11. Рязанцев С.В., Русу С.В., Медведь В.А. Факторы миграции в страны Евросоюза во время кризиса 2015–2016 годов // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. 2020. № 4. С. 19–28. doi: 10.26653/2076-4650-2020-4-02
12. Файбусович Э.Л., Корнекова С.Ю. Перспективы геодемографии как научного направления гуманитарной географии // Известия Русского географического общества. 2013. Т. 145, № 1. С. 31–35.
13. Фальцман В.К. Демографические проблемы Европы и мира // Мировая экономика и международные отношения. 2023. Т. 67, № 5. С. 16–23. doi: 10.20542/0131-2227-2023-67-5-16-23
14. Фёдоров Г.М. Об актуальных направлениях геодемографических исследований в России // Балтийский регион. 2014. № 2 (20). С. 7–28.
15. Фёдоров Г.М., Михайлов А.С., Кузнецова Т.Ю. Влияние моря на развитие экономики и расселения стран Балтийского региона // Балтийский регион. 2017. Т. 9, № 2. С. 7–27. doi: 10.5922/2074-9848-2017-2-1
16. Фролов И.Д. Соотношение первого и второго демографического перехода в мире как фактор миграционного кризиса в Европейском Союзе // Вестник КГУ. 2018. № 3. С. 70–73.
17. Depopulation and shrinkage in a northern context: geographical perspectives, spatial processes, and policies. Fennia. 2022. Vol. 200, No. 2.
18. Finnäs F. Fertility in Larsmo: The effect of Laestadianism // Population Studies 1991. No. 45 (2). P. 339–351.
19. Hanell T., Mattila M., Ahvenainen T., Raunio M. Joko lähdet vastahan tulit? Ulkomaalaistaustaisten henkilöiden muuttoliike // Migration-Muuttoliike. 2023. Vol. 49, No. 2. P. 34–41.
20. Heikkilä E., Järvinen T., Jussila H. Migrating back to history? The settlement structure and migration in Finland, a 400 years' perspective // Nordia Geographical Publications. 2003. 31:1. Pp. 55–67.
21. Heleniak T., Gassen N.S. The demise of the rural Nordic region? Analysis of regional population trends in the Nordic countries, 1990 to 2040 // Nordic Welfare Research. 2020. Vol. 5, Iss. 1. P. 40–57. doi: 10.18261/issn.2464-4161-2020-01-05
22. Hiilamo H. Why fertility has been declining in Finland after the Global Recession? A theoretical approach (2019) // Finnish Yearbook of Population Research 54. P. 29–51.
23. Kettunen P., Rauhut D., Juntunen V. Why some municipalities succeed and others do not? // Migration-Muuttoliike. 2020. Vol. 46, No. 2. P. 13–16.
24. Raunio M. Osaamisperusteinen maahanmuutto ja aluellinen eriarvoistus // Migration-Muuttoliike. 2022. No. 48 (1). P. 20–29.
25. Rotkirch A. Syntyvyyden toipuminen ja pitenevä elinikä Linjauksia 2020-luvun väestöpolitiikalle. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia, 2021. 177 p. (Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 2021:2.)
26. Schneider J. Demographic “Megatrends” and Their Implications // Migration-Muuttoliike. 2018. Vol. 44, No. 3. P. 26–31.
27. Statbank Denmark. Population 1. January by birth month, day of birth, time and country of birth. URL: <https://www.statbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1536>
28. Statbank Norway. 05184: Immigrants, by country background, contents, year and sex. URL: <https://www.ssb.no/en/statbank/table/05184>
29. Statistics Iceland: Statistical database: population and election. Population by country of birth, sex and age 1 January 1998–2023 // URL: https://px.hagstofa.is/pxen/pxweb/en/Ibuar/Ibuar__mannfjoldi__3__bakgrunnur__Faedingarland/MAN12103.px
30. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11ra -- Key figures on population by region, 1990–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11ra.px
31. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11rb -- Population and change in population size by sex, 1750–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rb.px
32. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11rp -- Country of birth according to age and sex by region, 1990–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rp.px
33. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12an -- Life expectancy at birth by sex and region, 1990–1992 – 2020–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__kuol/statfin_kuol_pxt_12an.px
34. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12dn -- Live births by sex and mother's age (5-year) and language, 2000–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12dn.px

Экономическая, социальная и политическая география

Ступин Ю.А.

35. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12du -- Total fertility rate and gross reproduction rate by region, 1990–2022 URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12du.px
36. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12dy -- Vital statistics and population by area, 1990–2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12dy.px/
37. Statistiska Centralbyrån. Statistical database. Population by age, year, sex and region of birth. URL: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START_BE_BE0101_BE0101E/InrUtrFoddaRegAIKon/table/tableViewLayout1
38. *Stjernberg M., Penje O.* Population change dynamics in Nordic municipalities – grid data as a tool for studying residential change at local level. Nordregio Report 2019:1. doi: 10.30689/R2019:1.1403-2503
40. *Terämä E.* Regional Demographic Differences: the Effect of Laestadians // Finnish Yearbook of Population Research. Vol. 45. 2010. P. 123–141.

References

1. Balabeikina O.A. Korobushchenko V. Yu. Martynov V.L. (2023) Assessing degree of urbanization in Finland // *Regionalnye issledovaniya*. No. 3. P. 81–91. doi: 10.5922/1994-5280-2023-3-7 (In Russ.)
2. Vakulenko E. Makarova M. & Gorskiy D. (2022). Reproductive intentions and fertility trends in different countries during the COVID-19 pandemic: an analytical review of studies // *Demographic Review*, 9 (4), pp. 138-159. doi: 10.17323/demreview.v9i4.16747 (In Russ.)
3. Volkov A.M. (2020) Migration flows to Nordic countries // *Vestnik diplomaticheskoy akademii MID Rossii. Rossiya i mir*. 1 (23), pp. 123–142. (In Russ.)
4. Kilin Yu. (2019) Some demographic trends of modern Finland // *Studia Humanitatis Borealis*. 1, pp. 47–57. (In Russ.)
5. Klupt M.A. (2008) Demografija regionov Zemli: [sobytiya novejshej demograficheskoy istorii]. – Saint Petersburg. [et al.] : Piter. – 346 p. (In Russ.)
6. Kuznetsova, T. Yu. (2018) Population Change in the Neighbouring Regions of Russia and the European Union States // *Baltic Region*, Vol. 10, no. 3, p. 41–57. doi: 10.5922/2079-8555-2018-3-3.
7. Kunica M.N. (2011) Geodemograficheskoe rajonirovanie territorii v kontekste regional'noj demograficheskoy politiki (na primere Jugo-Zapada Rossii) // *Vestnik Brjanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 4, pp. 182–186. (In Russ.)
8. Martynov V.L. Sazonova I.E. (2014) Development of Aland islands: major trends and challenges // *Baltic Region*, no. 1, pp. 122–136.
9. Morozova N.M. Alymova A.G., Yakovleva E.S. (2021) Immigration and migration policy in the Nordic countries // *DEMIS. Demographic research*. Vol. 1. No 1, pp. 87–96. doi: 10.19181/demis.2021.1.1.10 (In Russ.)
10. Rudakova E.K. (2020) Demograficheskij krizis v Evrope: tipy vosproizvodstva naselenija // *Vlast'*. No 5, pp. 246–253. (In Russ.)
11. Ryazantsev S.V. Rusu S.V. Medved V.A. (2020) Factors of Migration in the European Union Countries during the 2015-2016 Crisis // *Nauchnoe obozrenie. Seriya 1. Jekonomika i parvo [Scientific Review. Series 1. Economics and Law]*. No. 4, pp. 19–28. doi: 10.26653/2076-4650-2020-4-02 (In Russ.)
12. Fajbusovich E.L. Kornekova S.Ju. (2013) Perspektivy geodemografii kak nauchnogo napravlenija gumanitarnej geografii // *Izvestija RGO*. Vol. 145. No. 1, pp. 31–35. (In Russ.)
13. Fal'tsman V.K. (2023) Demographic problems of Europe and the World // *World Economy and international relations*, vol. 67, no. 5, pp. 16–23. (In Russ.)
14. Fedorov G.M. (2014) Current issues in the geodemographic studies in Russia // *Baltic Region*, no. 2, pp. 4–21.
15. Fedorov, G.M. Mikhailov, A.S. Kuznetsova, T. Yu. (2017) The Influence of the Sea on the Economic Development and Settlement Structure in the Baltic Sea Region, *Baltic region*, Vol. 9, no. 2, pp. 7–27. doi: 10.5922/2074-9848-2017-2-1
16. Frolov I.D. (2018) Sootnoshenie pervogo i vtorogo demograficheskogo perehoda v mire kak faktor migracionnogo krizisa v Evropejskom Sojuze // *Vestnik KGU*. No. 3, pp. 70–73. (In Russ.)
17. Depopulation and shrinkage in a northern context: geographical perspectives, spatial processes, and policies (2022). *Fennia*. Vol. 200. No 2.
18. Finnäs F. (1991) Fertility in Larsmo: The effect of Laestadianism // *Population Studies*. 45(2), pp. 339–351.
19. Hanell T. Mattila M. Ahvenainen T. Raunio M. (2023) Joko lähdet vastahan tulit? Ulkomaalaistaustaisten henkilöiden muuttoliike // *Migration-Muuttoliike*. Vol 49. No. 2, pp. 34–41. (In Finn.)
20. Heikkilä E. Järvinen T. Jussila H. (2003) Migrating back to history? The settlement structure and migration in Finland, a 400 years' perspective // *Nordia Geographical Publications*. 31: 1, pp. 55–67.
21. Heleniak T. Gassen N.S. (2020) The demise of the rural Nordic region? Analysis of regional population trends in the Nordic countries, 1990 to 2040 // *Nordic Welfare Research*. Vol.5, Iss.1, pp. 40–57. doi: 10.18261/issn.2464-4161-2020-01-05
22. Hiilamo H. (2019) Why fertility has been declining in Finland after the Global Recession? A theoretical approach // *Finnish Yearbook of Population Research*. 54, pp. 29–51.
23. Kettunen P. Rauhut D. Juntunen V. (2020) Why some municipalities succeed and others do not? // *Migration-Muuttoliike*. Vol 46 Nro 2, pp. 13-16.
24. Raunio M. (2022) Osaamisperusteinen maahahnmuutto ja aluellinen eriarvoistus // *Migration-Muuttoliike*, 48(1), pp. 20–29. (In Finn.)
25. Rotkirch A. (2021) Syntyvyyden toipuminen ja pitenevä elinikä Linjauksia 2020-luvun väestöpolitiikalle. – Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. – 177 s. (Valtioneuvoston kanslian julkaisuja 2021:2.) (In Finn.)
26. Schneider J. (2018) Demographic “Megatrends” and Their Implications // *Migration-Muuttoliike*. Vol 44. Nro 3, pp. 26-31.
27. Statbank Denmark. Population 1. January by birth month, day of birth, time and country of birth. URL: <https://www.statbank.dk/statbank5a/default.asp?w=1536>
28. Statbank Norway. 05184: Immigrants, by country background, contents, year and sex. URL: <https://www.ssb.no/en/statbank/table/05184>

Экономическая, социальная и политическая география

Ступин Ю.А.

29. Statistics Iceland: Statistical database: population and election. Population by country of birth, sex and age 1 January 1998-2023 // URL: https://px.hagstofa.is/pxen/pxweb/en/Ibuar/Ibuar__mannfjoldi__3_bakgrunnur__Faedingarland/MAN12103.px
30. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11ra -- Key figures on population by region, 1990-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11ra.px
31. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11rb -- Population and change in population size by sex, 1750-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rb.px
32. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 11rp -- Country of birth according to age and sex by region, 1990-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__vaerak/statfin_vaerak_pxt_11rp.px
33. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12an -- Life expectancy at birth by sex and region, 1990-1992 -- 2020-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__kuol/statfin_kuol_pxt_12an.px
34. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12dn -- Live births by sex and mother's age (5-year) and language, 2000-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12dn.px
35. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12du -- Total fertility rate and gross reproduction rate by region, 1990-2022 URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12du.px
36. Statistics Finland's free-of-charge statistical databases. 12dy -- Vital statistics and population by area, 1990-2022. URL: https://statfin.stat.fi/PxWeb/pxweb/en/StatFin/StatFin__synt/statfin_synt_pxt_12dy.px/
37. Statistiska Centralbyrån. Statistical database. Population by age, year, sex and region of birth. URL: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START_BE_BE0101_BE0101E/InrUtrFoddaRegAlKon/table/tableViewLayout1
38. Stjernberg M. Penje O. (2019) Population change dynamics in Nordic municipalities – grid data as a tool for studying residential change at local level. (Nordregio Report: 1). doi: 10.30689/R2019:1.1403-2503
40. Terämä E. (2010) Regional Demographic Differences: the Effect of Laestadians // Finnish Yearbook of Population Research. XLV, pp. 123–141.

Статья поступила в редакцию: 01.12.23, одобрена после рецензирования: 22.05.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 1 December 2023; approved after review: 22 May 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Ступин Юрий Александрович

кандидат географических наук,

старший преподаватель,

Санкт-Петербургский государственный университет;

199034, Россия, г. Санкт-Петербург,

Университетская наб., д. 7–9

Information about the author

Iurii A. Stupin

Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer,

St. Petersburg State University;

7–9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg,

199034, Russia

e-mail: y.stupin@spbu.ru

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

Научная статья

УДК 911.7

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-41-53

РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК РОССИИ И МЕСТО В НЕЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Татьяна Александровна Андреева¹, Вадим Юрьевич Кузин², Василий Львович Мартынов³, Ирина Евгеньевна Сазонова⁴
^{1,3,4} Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

¹ chippo@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5699-8389

² vadim-13.06@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0577-0867

³ lwowich@herzen.spb.ru, ORCID: 0000-0002-7741-1719

⁴ iesazonova@herzen.spb.ru, ORCID: 0000-0002-3456-1223

Аннотация. Пригородным железнодорожным пассажирским сообщением перевозится намного больше пассажиров, чем дальним. Одновременно оно выступает важной составляющей транспортной системы как для городских агломераций, так и для внутрирегионального сообщения (иногда – безальтернативного). Однако географических исследований по данной теме очень немного. Для анализа сведений о пригородных пассажиропотоках используется разработанная авторами методика расчёта пригородного железнодорожного взаимодействия, основанная на методике «сдвиг-доля», широко применяемая в экономике и социально-экономической географии. Использование этой методики вместе с другими показателями позволило установить основные тенденции трансформации системы пригородных железнодорожных сообщений страны. На протяжении исследуемого периода (2005–2022 гг.) в пригородном железнодорожном сообщении многократно и беспрецедентно увеличивается значение Москвы и Московской области. В небольшом числе регионов пригородные перевозки несколько увеличиваются (притом причины этого различны), но в подавляющем большинстве субъектов Российской Федерации значительно сокращаются вплоть до фактического исчезновения. В Санкт-Петербурге пригородных перевозок в 2022 г. было намного меньше, чем в 2005 г., однако в 2020–2022 гг. прослеживается некоторый рост. Пригородные перевозки по отдельным направлениям прекращены полностью, и железные дороги демонтированы. По другим направлениям перевозки резко сократились, но сами дороги сохранились. По крайне ограниченному числу направлений пригородные перевозки возросли. Но в целом железные дороги утратили функции «организующих осей» пригородной зоны Санкт-Петербурга, которыми они являлись более ста лет с конца XIX в.

Ключевые слова: железные дороги, пригородные перевозки, федеральные округа, субъекты Федерации, Санкт-Петербург, Ленинградская область, пригородная зона

Финансирование. Исследование выполнено за счет совместного гранта Российского научного фонда и Санкт-Петербургского научного фонда (проект № 23-27-10001).

Для цитирования: Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Региональная структура пригородных пассажирских железнодорожных перевозок России и место в ней Санкт-Петербурга // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 41–53. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-41-53

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-41-53

THE REGIONAL STRUCTURE OF SUBURBAN PASSENGER RAIL TRANSPORTATION IN RUSSIA AND THE PLACE OF ST. PETERSBURG THEREIN

Tatiana A. Andreeva¹, Vadim Yu. Kuzin², Vasilii L. Martynov³, Irina E. Sazonova⁴

^{1,3,4} Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

¹ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

¹ chippo@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5699-8389

² vadim-13.06@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-0577-0867

³ lwowich@herzen.spb.ru, ORCID: 0000-0002-7741-1719

⁴ iesazonova@herzen.spb.ru, ORCID: 0000-0002-3456-1223

Abstract. Suburban rail passenger service carries many more passengers than long-distance rail service. At the same time, the former acts as an important component of the transport system both for urban agglomerations and for intra-regional communication (sometimes with no alternative available). However, there are very few geographical studies on such transportation. To analyze information on suburban passenger flows, the authors use their own methodology for calculating suburban railway interaction based on the shift-share analysis, widely used in economics and human geography. The application of this methodology, together with other indicators, made it possible to establish the main trends in the transformation of the country's suburban rail transport. During the period



Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

under study (2005 – 2022), the importance of Moscow and the Moscow region in such transportation showed an unprecedented manifold increase. In a small number of regions, suburban transportation is slightly increasing (with reasons for this being different), but in the vast majority of the constituent territories of the Russian Federation it is significantly decreasing, up to the point of actual disappearance. Suburban traffic to St. Petersburg in 2022 was much less than in 2005, but there was noted some growth in 2020 – 2022. In some directions, suburban transportation was completely stopped and the railways were dismantled. In other directions, transportation decreased sharply, but the railways themselves have been preserved. Suburban traffic increased in an extremely limited number of destinations. In general, railways have lost the functions of the ‘organizing axes’ of the suburban area of St. Petersburg, though being such for more than a hundred years, since the end of the 19th century.

Keywords: railways, suburban transportation, federal districts, constituent territories of the Federation, St. Petersburg, Leningrad region, suburban area

Funding. The research was funded under a joint grant from the Russian Science Foundation and St. Petersburg Science Foundation (project No. 23-27-10001).

For citation: Andreeva, T.A., Kuzin, V.Yu., Martynov, V.L., Sazonova, I.E. (2024). The regional structure of suburban passenger rail transportation in Russia and the place of St. Petersburg therein. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 41–53. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-41-53

Введение

Пригородные пассажирские железнодорожные сообщения имеют очень большое значение. Они многократно превосходят по своему объёму дальние перевозки пассажиров, но если дальние перевозки в социально-экономической географии изучаются, хотя и не слишком активно [21], то пригородным перевозкам уделяется явно недостаточное внимание [5]. Между тем усиливающиеся процессы субурбанизации и формирования обширных пригородных зон вокруг крупных городов, сосредотачивающих в себе все большее количество населения (так, численность населения пригородной зоны Санкт-Петербурга оценивается в 1,7 млн чел. [4], что превышает численность населения большинства субъектов Федерации), а также современная трансформация городской среды [7] требуют обратить внимание на особенности пригородного транспорта.

Пригородные сообщения имеют чётко выраженный «двунаправленный» характер – как правило, пассажиры, следующие пригородными поездами в прямом направлении, возвращаются такими же поездами и в обратную сторону. Исключения бывают в том случае, если железнодорожное направление дублируется автомобильным, тогда пассажир может следовать в одну сторону пригородным поездом, в другую – автобусом, однако это действительно исключения. Характерная особенность пригородного железнодорожного транспорта, как и пригородного транспорта вообще, это его использование для «маятниковых миграций». Однако следует отметить, что далеко не во всех регионах, где существует пригородное железнодорожное сообщение, такие миграции возможны – например, пригородный поезд может ходить между теми или иными населёнными пунктами раз в сутки, а может и ещё реже.

Пригородные железнодорожные сообщения на протяжении десятилетий являлись «организующим каркасом» пригородных зон крупных городов. Железные дороги сразу же при своём возникновении стали осями пригородных систем расселения, но значение их в этом качестве менялось во времени и очень сильно различалось и различается по регионам страны [10].

Пригородный железнодорожный транспорт является самым «массовым» из всех видов пассажирского транспорта. Сокращение или даже прекращение пригородных железнодорожных перевозок резко ухудшает условия повседневной жизни миллионов и даже десятков миллионов людей. Даже в староосвоенных хорошо обжитых регионах есть местности, куда можно добраться только по железной дороге с помощью пригородных поездов. Таким образом, проблема пригородных сообщений имеет в меньшей мере экономическое и в намного большей – социальное и даже политическое значение. В этом кардинальное отличие пригородных пассажирских перевозок от дальних.

Целью исследования является выявление основных тенденций трансформации пригородных пассажирских сообщений России в целом и Санкт-Петербургского региона в частности в первые десятилетия XXI в.

Для достижения данной цели требовалось решить следующие задачи:

- а) разработать методику исследования пространственной структуры пригородных сообщений;
- б) с помощью вышеуказанной методики выявить и охарактеризовать основные тенденции изменения упомянутой пространственной структуры;
- в) проанализировать особенности трансформации системы пригородных пассажирских сообщений Санкт-Петербурга и его окрестностей.

Материалы и методы

Главным источником сведений, анализируемых в данной статье, послужили статистические материалы Федеральной службы государственной статистики. Кроме этого, использовались дополнительные данные из других источников – региональных статистических органов, официальных источников, средств массовой информации и т.д.

Для анализа статистических данных, характеризующих региональную структуру пассажирских железнодорожных перевозок, наиболее подходящей была сочтена методика, предложенная одним из авторов данной статьи для определения уровня развития регионов России, обнаруживающая некоторое сходство с методикой «сдвиг и доля» (shift-share analysis), широко применяемой в экономической науке [24–26], но в то же время самостоятельной. Формула, использовавшаяся в ходе исследования, выглядит следующим образом:

$$K_{\text{приг}} = \text{Обн} * \text{Дп}, \quad (1)$$

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

где Кприг – коэффициент пригородного пассажирского железнодорожного транспортного взаимодействия; Обп – отношение объёма перевозок по региону в году n к соответствующему объёму пассажирских железнодорожных перевозок по отправлению пассажиров в пригородном пассажирском сообщении; Д n – доля региона в году n к общероссийскому объёму железнодорожных перевозок по отправлению пассажиров в пригородном сообщении в соответствующем году.

Формула очень проста, тем не менее её применение представляется оправданным, поскольку позволяет охарактеризовать как тенденции изменения объёма перевозок по региону (показатель Об), так и значение региона в системе железнодорожных транспортных связей (показатель Д). Кприг для России в целом на 2005 г. равен 100, поскольку Об для исходного года, относительно которого рассчитывается показатель Об всех последующих лет, равен 1. Изменение Кприг для России связано только с показателем Об (отношение объёма перевозок в соответствующем году к 2005 г.), показатель Д остаётся неизменным (100 %).

Следует иметь в виду, что сумма коэффициентов пригородного пассажирского железнодорожного взаимодействия (Кприг), рассчитанная по субъектам Федерации, будет равна этому Кприг федеральных округов, а сумма Кприг федеральных округов будет равна Кприг России только для года, показатели Об которого принимаются за единицу, в данном случае – 2005 г., поскольку только для 2005 г. Кприг представляет собой сумму долей субъектов Федерации в общем объёме пассажирских перевозок. Для всех остальных годов Об, представляющий собой отношение показателей соответствующего года к показателям 2005 г., меняется по-разному и также по-разному, в зависимости от объёма перевозок в каждом субъекте Федерации, воздействует на изменение Кприг федерального округа и России в целом. Кроме этого, следует учитывать некоторое искажение соотношения приводимых в табл. 1 показателей вследствие округления счёта.

Результаты и обсуждение

Итоги расчёта коэффициента пригородного пассажирского железнодорожного взаимодействия, осуществлённые с применением рассмотренной выше методики, приведены в табл. 1. Графически итоги расчётов представлены на рис. 1.

Таблица 1

Коэффициент пригородного пассажирского железнодорожного сообщения
по федеральным округам и субъектам Российской Федерации (сост. по [11])

Suburban passenger rail service coefficient by federal districts and constituent territories of the Russian Federation (comp. from [11])

	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022 ²⁾
Российская Федерация	100	69,04	76,93	90,06	67,07	80,24	85,72
Центральный федеральный округ	55,99	48,17	70,85	92,37	67,44	82,19	85,7
1. Белгородская область	0,7	0,28	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2. Брянская область	0,84	0,22	0,33	0,18	0,16	0,14	0,12
3. Владимирская область	1,37	0,26	0,29	0,35	0,25	0,23	0,21
4. Воронежская область	1,11	0,61	0,36	0,2	0,16	0,13	0,14
5. Ивановская область	0,19	0,1	0,03	0,01	0,01	0,02	0,04
6. Калужская область	0,77	0,3	0,35	0,29	0,21	0,22	0,2
7. Костромская область	0,28	0,12	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
8. Курская область	0,43	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
9. Липецкая область	0,18	0,04	0,02	0,05	0,04	0,02	0,03
10. Московская область	19,58	24,06	42,79	39,45	27,49	31,27	31,22
11. Орловская область	0,26	0,04	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
12. Рязанская область	0,46	0,15	0,22	0,16	0,11	0,1	0,1
13. Смоленская область	0,38	0,06	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
14. Тамбовская область	0,46	0,15	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
15. Тверская область	0,72	0,41	0,49	0,51	0,39	0,41	0,46
16. Тульская область	0,98	0,08	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05
17. Ярославская область	0,78	0,34	0,16	0,08	0,07	0,06	0,06
18. Москва	26,49	23,17	32,41	60,39	45,22	59,16	63,63
Северо-Западный федеральный округ	12,42	6,55	4,74	5,35	3,85	4,68	5,69
19. Республика Карелия	0,17	0,01	0,01	0	0	0	0
20. Республика Коми	0,03	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
21. Архангельская область	0,33	0,15	0,08	0,05	0,06	0,05	0,06
22. Вологодская область	0,26	0,18	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
23. Калининградская область	0,5	0,13	0,15	0,37	0,35	0,44	0,72
24. Ленинградская область	3,31	2,29	1,89	1,88	1,44	1,62	1,78
25. Мурманская область	0,02	0	0	0	0	0	0
26. Новгородская область	0,19	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
27. Псковская область	0,33	0,07	0	0	0	0	0
28. Санкт-Петербург	7,29	3,72	2,79	3,28	2,18	2,8	3,5

Экономическая, социальная и политическая география
 Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

Окончание табл. 1

	2005	2010	2015	2019	2020	2021	2022 ²⁾
Южный федеральный округ	2,59	2,59	3,7	2	1,78	2,74	3,64
29. Республика Адыгея	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
30. Республика Калмыкия	0	0	0	0	0	0	0
31. Республика Крым	н.св.	н.св.	0,45	0,28	0,34	0,59	0,74
32. Краснодарский край	0,84	1,06	1,61	1,07	0,9	1,6	2,47
33. Астраханская область	0,14	0,06	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02
34. Волгоградская область	0,49	0,18	0,17	0,13	0,09	0,11	0,16
35. Ростовская область	1,1	1,4	1,24	0,45	0,39	0,51	0,55
Северо-Кавказский федеральный округ	0,82	0,76	0,27	0,32	0,27	0,4	0,51
36. Республика Дагестан	0,05	0,05	0,01	0,09	0,21	0,21	0,29
37. Республика Ингушетия	0	0	0	0	0	0	0
38. Кабардино-Балкарская Республика	0,02	0,22	0,07	0,02	0	0	0
39. Карачаево-Черкесская Республика	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40. Республика Северная Осетия-Алания	0,02	0,01	0	0	0	0	0
41. Чеченская Республика	0,01	0,04	0	0	0	0	0
42. Ставропольский край	0,71	0,56	0,23	0,23	0,17	0,29	0,36
Приволжский федеральный округ	11,38	4,52	2,6	1,97	1,54	1,5	1,7
43. Республика Башкортостан	0,7	0,29	0,15	0,14	0,12	0,12	0,16
44. Республика Марий Эл	0,12	0,01	0	0	0	0	0
45. Республика Мордовия	0,14	0,05	0,01	0,01	0	0	0
46. Республика Татарстан	1,36	0,51	0,28	0,25	0,19	0,22	0,21
47. Удмуртская Республика	0,53	0,19	0,15	0,07	0,06	0,06	0,07
48. Чувашская Республика	0,25	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
49. Пермский край	1,8	0,3	0,29	0,23	0,21	0,2	0,26
50. Кировская область	0,77	0,43	0,16	0,09	0,07	0,07	0,07
51. Нижегородская область	2,77	1,25	1,02	0,67	0,49	0,44	0,48
52. Оренбургская область	0,37	0,25	0,07	0,04	0,03	0,03	0,04
53. Пензенская область	0,26	0,2	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
54. Самарская область	1,34	0,73	0,39	0,43	0,31	0,33	0,38
55. Саратовская область	0,86	0,4	0,15	0,13	0,1	0,09	0,1
56. Ульяновская область	0,14	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Уральский федеральный округ	3,93	2,4	0,97	0,82	0,67	0,69	0,76
57. Курганская область	0,38	0,23	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04
58. Свердловская область	2,16	1,29	0,77	0,62	0,51	0,55	0,59
Тюменская область, в том числе:	0,22	0,48	0,2	0,2	0,15	0,13	0,16
59. Ханты-Мансийский автономный округ	0,02	0,04	0,06	0,06	0,04	0,02	0,03
60. Ямало-Ненецкий автономный округ	0	0	0	0	0	0	0
61. Тюменская область без автономных округов	0,2	0,44	0,15	0,15	0,12	0,11	0,13
62. Челябинская область	1,17	0,52	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07
Сибирский федеральный округ	10,24	4,58	2,76	2,27	1,93	1,9	1,89
63. Республика Хакасия	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
64. Алтайский край	1,59	0,81	0,39	0,32	0,32	0,3	0,28
65. Красноярский край	1,2	0,34	0,25	0,24	0,2	0,19	0,2
66. Иркутская область	1,93	1,54	0,58	0,38	0,35	0,3	0,3
67. Кемеровская область	1,62	0,4	0,16	0,11	0,08	0,08	0,07
68. Новосибирская область	2,98	1,52	1,4	1,28	1,03	1,13	1,13
69. Омская область	0,81	0,13	0,11	0,09	0,07	0,07	0,07
70. Томская область	0,08	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Дальневосточный федеральный округ	2,55	1,02	0,22	0,18	0,17	0,18	0,18
71. Республика Бурятия	0,23	0,1	0	0	0	0	0
72. Республика Саха (Якутия)	0	0	0	0	0	0	0
73. Забайкальский край	0,43	0,08	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
74. Приморский край	1,32	0,66	0,19	0,16	0,15	0,15	0,15
75. Хабаровский край	0,21	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
76. Амурская область	0,22	0,11	0	0	0	0	0
77. Сахалинская область	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03
78. Еврейская автономная область	0,11	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01

Примечание: данные по Республике Крым рассчитывались относительно 2015 г.; без учета статистической информации по г. Севастополю, Донецкой Народной Республике (ДНР), Луганской Народной Республике (ЛНР), Запорожской и Херсонской областям.

Экономическая, социальная и политическая география
 Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.



А)



Б)

Рис. 1. Коэффициент пригородного пассажирского железнодорожного взаимодействия, 2005 (А) и 2022 (Б) гг. (сост. Андреева Т.А.)

Fig. 1. Suburban passenger rail service coefficient, the years 2005 (A) and 2022 (B) (comp. by T.A. Andreeva)

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

Наибольшие показатели Кприг характерны для Центрального федерального округа (ЦФО), причём этот показатель на протяжении всего исследуемого периода постоянно возрастает, хотя и с некоторыми колебаниями. Более того, за самые последние годы изменение Кприг для Российской Федерации в целом происходит только за счёт ЦФО, что свидетельствует об его исключительном положении в системе пригородных железнодорожных перевозок. Однако в самом ЦФО Кприг растёт только за счёт Москвы и Московской области. Коэффициент пригородного железнодорожного сообщения Москвы в 2005 г. составлял 26,5, в 2022 г. – 63,6, Московской области – 19,6 и 31,2 соответственно. Если говорить об абсолютных показателях, то они таковы: в Москве в 2005 г. было перевезено 319 млн пассажиров, в 2022 г. – примерно 458 млн, в Московской области – 236 и 276 млн соответственно.

Столь фантастический рост показателей, характеризующих пригородные железнодорожные перевозки, объясняется вводом в действие Московского центрального кольца (МЦК) [8] и Московских центральных диаметров (МЦД) [9], «зона тяготения» которых включает в себя значительную часть как самой Москвы, так и Московской области. Для МЦК и МЦД приобретён специально для них предназначенный подвижной состав, состоящий из поездов «Ласточка» и «Иволга» [8; 9], построены новые «городские вокзалы» и реконструирована железнодорожная сеть в Москве и ближнем Подмосковье. Справедливости ради стоит отметить, что для МЦК и МЦД удачно использовали радиально-кольцевую структуру железных дорог, исторически сложившуюся в столице ещё в первой половине XX в., равно как и то, что с резким сокращением доставки в столицу сырья и топлива, определяемых деиндустриализацией, загруженность большинства железных дорог в пределах Москвы резко снизилась.

Для всех остальных регионов ЦФО характерно снижение Кприг, при этом в наибольшей мере удалось сохранить свои позиции Тверской области, где Кприг 2005 г. составил 0,7, а 2022 г. – 0,5, или в абсолютных показателях – 8,7 млн и 6,4 млн пассажиров. Наибольшим из регионов ЦФО было сокращение пригородного сообщения в Белгородской области, где Кприг 2005 г. составлял 0,7, а в 2022 г. сократился до пренебрежимо малых величин, в абсолютных показателях снизившись более чем вдесятеро – с 8,4 млн пассажиров в 2005 г. до 0,7 млн в 2022 г. Столь значительное сокращение связано с тем, что основным направлением пригородных железнодорожных перевозок в Белгородской области было направление «Белгород – Харьков», сохранявшееся с советского времени. В силу очевидных причин это направление исчезло полностью.

Для Северо-Западного федерального округа (СЗФО) отмечено снижение Кприг более чем вдвое – с 12,4 в 2005 г. до 5,7 в 2022 г. Решающую роль в пригородных перевозках СЗФО играет Санкт-Петербург, и трансформация Кприг этого федерального округа определяется «северной столицей». Так, в 2021–2022 гг. для СЗФО присущ рост Кприг с 4,7 до 5,7, обеспеченный за счёт аналогичного роста в Санкт-Петербурге с 2,8 до 3,5. В СЗФО в 2021 г. было перевезено 82,2 млн пассажиров, в 2022 г. – 93,8 млн; в Санкт-Петербурге в 2021 г. – 48,7 млн, в 2023 г. – 56,3 млн. Но рост этот во многом связан с тем, что в Санкт-Петербурге с апреля 2019 г. для всех пенсионеров и некоторых других льготных категорий населения общей численностью около миллиона человек введён бесплатный проезд на пригородном железнодорожном транспорте в течение всего года [23]. Это единственный вид городского транспорта, который они могут использовать бесплатно. Вследствие этого «льготники» часто приобретают билеты на электричку «впрок», на несколько дней вперёд, используя их по мере надобности, при этом большая часть приобретённых билетов не используется вообще, однако в качестве пассажира приобретатель этого билета, естественно, учитывается.

Сходные с Санкт-Петербургом тенденции, хотя и при меньших показателях, обнаруживает Ленинградская область, Кприг которой в 2021 г. составлял 1,6, а в 2022 г. – 1,8, в абсолютных показателях – примерно 25 и 27,1 млн пассажиров.

Обращает на себя внимание рост Кприг Калининградской области, в 2005 г. составлявший 0,5, в 2022 г. – 0,7. В 2005 г. в этой области было перевезено примерно 6 млн пассажиров пригородного сообщения, в 2022 г. – 6,7 млн. Особенно резким был рост перевозок в 2021–2022 гг.: в 2021 г. было перевезено примерно 5 млн пассажиров. Основным фактором этого стремительного роста является увеличение туристского потока в Калининградскую область, пришедшее на это время и связанное с резким сокращением возможности отдыха за рубежом. Ведущие направления пригородных сообщений в Калининградской области: Калининград – Зеленоградск и Калининград – Светлогорск, связывающие областной центр с курортными городами на берегу Балтийского моря [16].

Во всех остальных регионах СЗФО пригородные перевозки сокращаются очень резко, практически скачкообразно. Так, в Псковской области Кприг в 2005 г. составлял 0,3, к 2022 г. снизившись до уровня статистической погрешности. В абсолютных показателях пригородный пассажиропоток в этой области сократился примерно в двадцать раз – в 2005 г. он составлял 3,9 млн пассажиров, в 2022 г. – 222 тыс. Большая часть пригородных поездов в пределах этой области ликвидирована, поскольку область эти поезда содержать не может. Кроме этого, для юга Псковской области большое значение имели пригородные поезда, связывавшие её с Белоруссией (направление Великие Луки – Полоцк через Невель), курсирование которых было прекращено к концу 2010-х гг. [2] и возобновлено в 2024 г.

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

В Южном федеральном округе (ЮФО) за 2005–2022 гг. отмечается рост Кприг, что не свойственно большинству федеральных округов. Этот показатель в 2005 г. составлял 2,6, в 2022 г. – 3,6. Но при этом в ЮФО меняется лидер в области пригородных пассажирских перевозок. Если в 2005 г. им была Ростовская область с Кприг, равным 1,6, а на втором месте находился Краснодарский край, вдвое уступавший Ростовской области с Кприг 0,8, то к 2022 г. они меняются местами. Кприг Краснодарского края растёт до 2,5, Ростовской области снижается до 0,6. Если рассматривать абсолютные показатели, то в 2005 г. в Ростовской области пригородными поездами было перевезено 13,3 млн пассажиров, в Краснодарском крае – примерно 10,2 млн. В 2022 г. объём пригородных пассажирских перевозок в Ростовской области составил 8,7 млн чел., в Краснодарском крае – 16,1 млн чел. При этом пригородный пассажиропоток Краснодарского края за 2021–2022 гг. увеличивается примерно на треть (в 2021 г. он составлял 12,5 млн чел.), а в Ростовской области примерно на 8 % – с 8,1 до 8,7 млн пассажиров.

Выход Краснодарского края на лидирующие позиции по пригородным пассажирским перевозкам можно связать с совершенствованием пригородной пассажирской инфраструктуры в связи с зимней Олимпиадой в Сочи 2014 г. В 2010 г. объём пригородных перевозок в Краснодарском крае составлял 9,5 млн чел., в Ростовской области – 12,4 млн чел. В 2015 г. пригородные пассажиропотоки в Краснодарском крае и Ростовской области почти сравнялись – 12,3 и 12,4 млн чел. соответственно. Затем начинается рост перевозок в Краснодарском крае и снижение в Ростовской области, продолжающиеся до настоящего времени. Резкий рост объёма пригородных перевозок Краснодарского края за 2021–2022 гг. можно связать с тем, что единственный функционирующий аэропорт этого края – Сочи (Адлер), и пассажиры, прибывающие самолётом, выбираются из Сочи пригородными электропоездами, уже с них пересеживаясь на другие виды транспорта.

В Северо-Кавказском федеральном округе (СКФО) пригородные перевозки невелики, Кприг СКФО снизился с 0,8 до 0,5. Лидирующие позиции в отношении пригородных перевозок занимают Ставропольский край и Дагестан, причём Кприг Ставропольского края на протяжении всего исследуемого периода снижается, а Дагестана растёт, хотя и остаётся в целом невысоким. Пригородные сообщения в Ставропольском крае имеют главным образом «курортный» характер, основной район концентрации пригородных сообщений – Кавказские Минеральные воды. Центром пригородных перевозок Дагестана является Махачкала, а единственным их направлением является направление Хасавюрт – Махачкала – Дербент [17], проходящее по дагестанскому участку железной дороги Ростов-на-Дону–Баку, главной железнодорожной магистрали Северного Кавказа.

В Приволжском федеральном округе (ПФО) Кприг на протяжении исследуемого периода стремительно сокращается. Если в 2005 г. он составлял 11,4, то в 2022 г. – 1,7. Лидирующие позиции в отношении пригородных перевозок в ПФО занимала и занимает Нижегородская область, Кприг которой менялся следующим образом: 2005 г. – 2,8, 2015 г. – 1, 2022 г. – 0,5 (в абсолютных показателях: 2005 г. – 33,4, 2015 г. – 17,7, 2022 г. – 12,9 млн пассажиров). Кприг Пермского края, занимавшего второе место по объёму пригородных перевозок, снизился вшестеро (с 1,6 до 0,3), Татарстана – в семь раз, с 1,4 до 0,2. В шести субъектах Федерации, входящих в состав ПФО, Кприг сократился до уровня статистической погрешности. Так, в Республике Марий Эл в 2005 г. пригородным сообщением было перевезено 1,4 млн пассажиров, в 2022 г. – 18 тыс.

В Уральском федеральном округе (УФО) Кприг на протяжении исследуемого периода (2005–2022 гг.) сократился практически впятеро – с 3,9 до 0,8. Это сокращение определяется главным образом снижением объёма пригородных железнодорожных перевозок в двух самых крупных по численности населения субъектах Федерации, входящих в состав УФО, Свердловской и Челябинской областях. Кприг Свердловской области в 2005 г. составлял 2,2, в 2022 г. – 0,6; Кприг Челябинской области – 1,2 и 0,1 соответственно. В абсолютных показателях изменение пригородного пассажиропотока было следующим: в Свердловской области в 2005 г. было перевезено примерно 26 млн пассажиров пригородным сообщением, в 2022 г. – 12,6 млн. В Челябинской области общий объём пригородных перевозок в 2005 г. составил 14,1 млн пассажиров, в 2022 г. – 3,2 млн. Тюменская и Курганская области меняются местами: если в 2005 г. Курганская области с Кприг 0,4 и 4,5 млн пассажиров занимала третье место в УФО, что в значительной мере было связано с узловым положением Кургана, а Тюменская область – четвёртое место с Кприг 0,2 и 2,6 млн пассажиров, то в 2022 г. Кприг Курганской области снижается до 0,0, численность пассажиров – до 1,3 млн, а в Тюменской области Кприг остаётся на уровне 2005 г. и составляет 0,2, численность пассажиров – около 2,1 млн.

В Сибирском федеральном округе (СФО) Кприг за 2005–2022 гг. снижается более чем в пять раз – с 10,2 до 1,9. Самым крупным по объёму пригородных перевозок субъектом Федерации в составе СФО в 2005 г. была Новосибирская область, где Кприг составлял 3. К 2022 г. этот показатель снизился до 1,1. Абсолютные показатели изменились следующим образом: 2005 г. – 36 млн пассажиров, 2022 г. – 20,5 млн. Особенности транспортно-географического положения Новосибирска определяли то, что система его пригородных сообщений выходила за пределы Новосибирской области, и пригородные поезда связывали Новосибирск с Алтайским краем и Кемеровской областью [18]. Для обоих упомянутых субъектов Федерации Кприг 2005 г. составлял 1,6. «Межсубъектные» пригородные сообщения сократились очень резко, и к 2022 г. Кприг Алтайского края снизился до 0,3, а Кемеровской области до 0,1.

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

В Восточной Сибири наиболее развитой системой пригородных сообщений обладала Иркутская область. Очень интенсивными пригородные сообщения были как на юге Иркутской области, так и на севере. На юге существовали пригородные маршруты, соединявшие Иркутскую область с Бурятией (Слюдянка – Мысовая), на севере – очень протяжённые маршруты, преодолевавшие сотни километров (Вихоревка-Лена, соединявшая Братск с Усть-Кутом). Кприг Иркутской области в 2005 г. составлял 1,9, но снижался очень быстро, в 2022 г. составив 0,3. Система пригородных сообщений Иркутской области сократилась до Иркутска и его ближайших окрестностей, главным их направлением является направление Черемхово – Иркутск – Слюдянка. Северный пригородный маршрут Вихоревка – Лена сокращается примерно наполовину, сейчас этот маршрут доходит от Вихоревки до ст. Коршуниха Ангарская (г. Железногорск-Илимский) [15]. В 2005 г. по Иркутской области было перевезено 23,2 млн пассажиров пригородным сообщением, в 2022 г. – 8,5 млн.

Для Дальневосточного федерального округа (ДФО) Кприг 2005 г. составлял 2,5, в 2022 г. – 0,2. Очевидно, что для Дальнего Востока в целом пригородные железнодорожные сообщения не имеют и не могут иметь большого значения в силу огромных расстояний и слаборазвитой железнодорожной сети [3]. Но для регионов в южной части ДФО пригородные перевозки весьма значимы, и особенно большое значение они имеют для Приморского края. Владивостокская агломерация по уровню освоённости территории сходна с Европейской Россией и обладает весьма развитой сетью железных дорог, которые связывают основные населённые пункты этой территории, включая сам Владивосток, Артём, Уссурийск, Находку [1]. В силу этого для Приморского края и были свойственны показатели Кприг, характерные для более западных регионов. В 2005 г. Кприг Приморского края составлял 1,3 при общем объёме пригородных перевозок в 15,9 млн пассажиров. К 2022 г. Кприг этого края снизился до 0,1 при 4,9 млн перевезённых пассажиров. Формирование нового направления пригородных сообщений, Владивосток – аэропорт Кневичи, не сильно сказалось на негативных тенденциях изменения пригородного пассажиропотока Приморского края – по состоянию на 2023 г. пригородные поезда по этому направлению ходили всего шесть раз в сутки [19], но при этом и в аэропорту Кневичи, и на железнодорожном вокзале Владивостока для их обслуживания сооружены крупные терминалы.

Таким образом, пригородные пассажирские сообщения в подавляющем большинстве регионов России находятся в кризисном состоянии, всё более усиливающимся с каждым годом. Пригородные перевозки утратили признаки системности, резко снизилось количество пригородных поездов, курсирующих между субъектами Федерации. Главным исключением из этого правила являются сообщения между Москвой и Московской областью, для которых характерен как общий рост численности пассажиров, так и увеличение его значения в пригородных перевозках России. Для конца исследуемого периода (2021–2022 гг.) изменение Кприг России совпадает с изменением Кприг Центрального федерального округа, который, в свою очередь, меняется в положительном направлении только за счёт Москвы и Московской области. Столь яркой «москвоцентричности» [20] в пригородных перевозках не было, вероятно, никогда раньше.

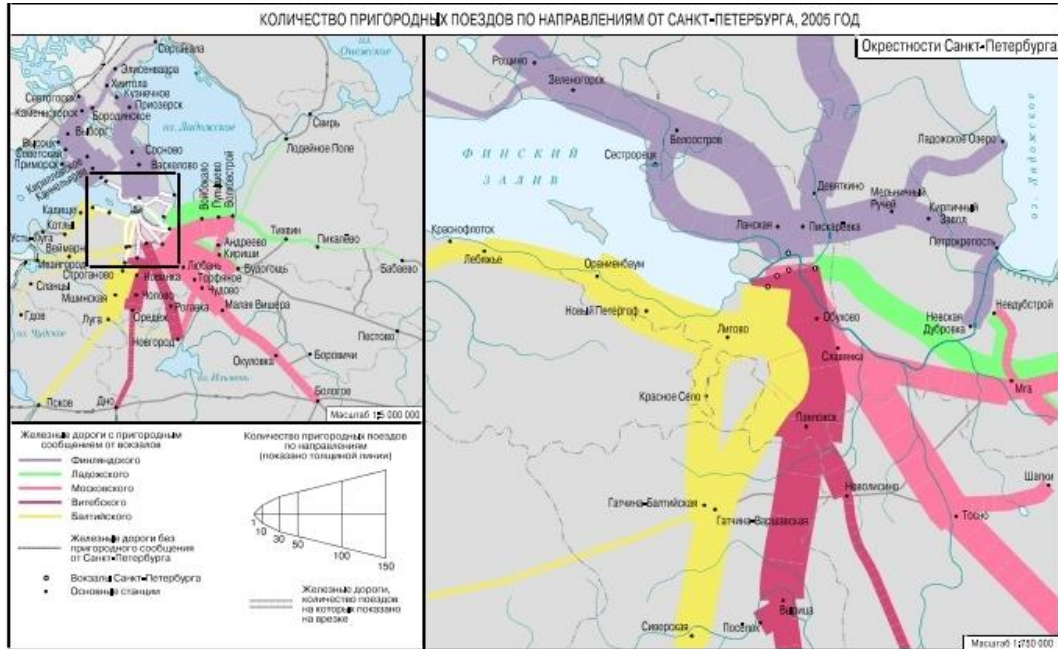
И если бы такого рода положительные изменения, как происходящие в Москве и Московской области, наблюдались с пригородным сообщением по всей России, а не сопровождались сокращением числа пригородных поездов и снижением численности перевезённых ими пассажиров, то это внушало бы оптимизм. Однако даже в Санкт-Петербурге, втором по значимости после Москвы центре пригородных сообщений России, ситуация далеко не так благополучна.

Невзирая на то, что в самые последние годы исследуемого периода (2021–2022 гг.), как уже говорилось выше, отмечался рост Кприг для Санкт-Петербурга с 2,8 до 3,5, а для Ленинградской области – с 1,6 до 1,8, для обоих этих регионов Кприг очень значительно уступает показателю 2005 г. В 2005 г. Кприг Санкт-Петербурга составлял 7,3, а Ленинградской области – 3,3, т.е. показатели 2022 г. уступают показателю 2005 г. без малого вдвое. Если рассматривать абсолютные показатели, то они таковы: в 2005 г. по Санкт-Петербургу было перевезено примерно 88 млн пассажиров, по Ленинградской области – около 40 млн. Аналогичные показатели 2022 г. составили 56,3 и 26,1 млн пассажиров при том, что количество «льготников», благодаря которым растёт объём пригородных пассажироперевозок в настоящее время, был значительно меньше (так, члены многодетных семей получили возможность ездить за 10 % стоимости билетов в период с 27 апреля до 30 октября только с 2011 г., уже упомянутый бесплатный проезд пенсионеров на протяжении всего года был введён в 2019 г.). На рис. 2 отображены объёмы движения пригородных поездов в Санкт-Петербурге, а также в пределах Новгородской, Псковской и Тверской областей, связанных пригородным сообщением с «северной столицей» на 2005 и 2022 гг.

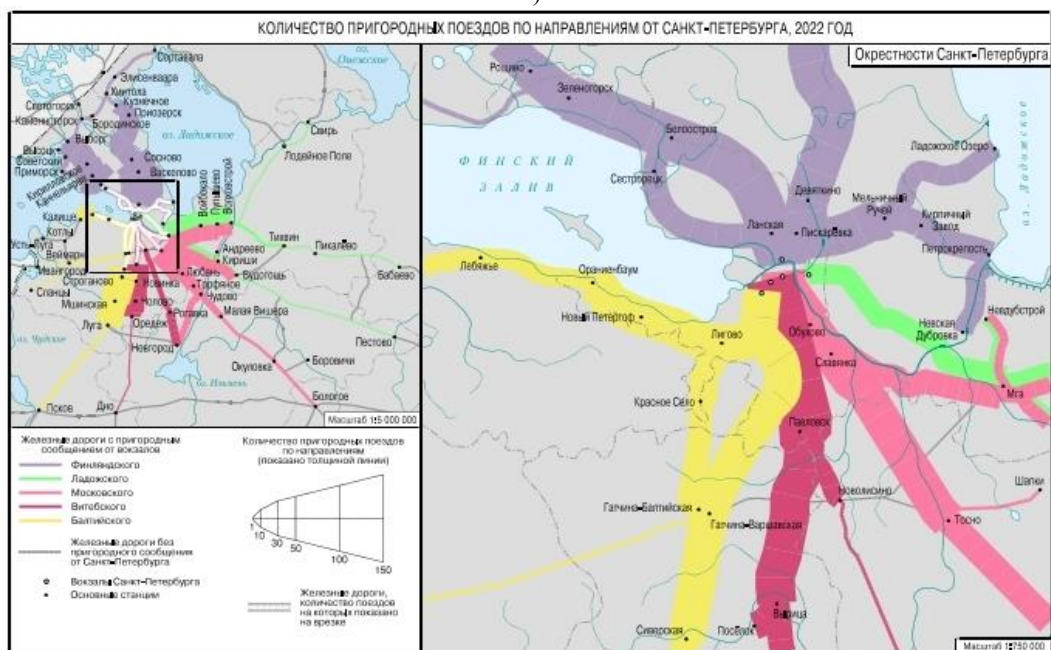
За 2005–2022 гг. произошли весьма существенные изменения в движении пригородных поездов, как положительные, так и главным образом отрицательные. Было ликвидировано пригородное железнодорожное сообщение с демонтажом путей на двух направлениях: Лебяжье – Краснофлотск и Сланцы – Гдов, где уничтожены все путевые сооружения. В направлении Выборг – Каменногорск в 2005 г. ходило 10 пригородных поездов в сутки, в 2022 г. – 2 поезда (здесь и далее все подсчёты числа поездов по направлениям выполнены авторами по [19–20] и исходя из расписаний пригородных поездов соответствующих лет). Упразднено пригородное сообщение на участке Каменногорск – Светогорск, ликвидирован железнодорожный вокзал в Светогорске. В 2005 г. существовало пригородное сообщение по маршруту Луга – Великий Новгород, почти полностью прекратившееся к 2022 г. Восточный участок железной дороги Луга – Великий Новгород от Луги до Батецкой практически

Экономическая, социальная и политическая география
 Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

перестал использоваться вообще. Резко сократилось количество пригородных поездов в направлении Луга – Псков: в 2005 г. ходило три поезда ежедневно, в 2022 г. – один поезд ежедневно, ещё один – три раза в неделю. В направлении Орехов – Дно в 2005 г. ходило три пригородных поезда каждый день, в 2022 г. – один поезд три раза в неделю.



А)



Б)

Рис. 2. Количество пригородных поездов по направлениям, расходящимся от Санкт-Петербурга, в 2005 и 2022 гг., без учёта сезонных изменений и дней курсирования (сост. Андреева Т.А. по [13; 14])

Fig. 2. The number of suburban trains in directions diverging from St. Petersburg in 2005 and 2022, without regard to seasonal changes and running days (comp. by T.A. Andreeva from [13, 14])

Намного снизились объёмы пригородного сообщения на железной дороге Санкт-Петербург – Москва, и чем дальше пригородная станция от первого, тем больше снижение количества пригородных поездов. В 2005 г. между Санкт-Петербургом и Тосно курсировало 43 пригородных поезда, в 2022 г. – 34. По тупиковой ветке Тосно – Шапки в 2005 г. ходило 9 пригородных поездов, в 2022 г. – 2 поезда. До следующей после Тосно на железной дороге Санкт-Петербург – Москва крупной станции Любань в 2005 г. доходило 26 пригородных поездов, в 2022 г.

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

– 20. От Любани до Чудово в 2005 г. доходило 13 пригородных поездов, в 2022 г. – 6. От Чудово до Малой Вишеры, формально это последняя станция на железной дороге Санкт-Петербург – Москва, до которой ходят пригородные поезда из Санкт-Петербурга, в 2005 г. доходило 11 поездов, в 2022 г. – 4 поезда. Фактически Малая Вишера для большей части электропоездов не являлась конечной станцией, они меняли нумерацию и продолжали движение по маршруту Малая Вишера – Окуловка, далее Окуловка – Бологое, то же самое происходило в обратном направлении. В 2005 г. таких поездов в сутки было 6, из них один Малая Вишера – Окуловка, а пять шли до Бологого, в 2022 г. осталось два не ежедневного курсирования.

Но значительные сокращения движения пригородных поездов отмечаются не только вдали от Санкт-Петербурга, но и в непосредственных его окрестностях. Так, в 2005 г. по направлению Балтийский вокзал – Новый Петергоф курсировало 58 электропоездов в сутки, в 2022 г. – 36. От Нового Петергофа до станции Ораниенбаум I доходило 57 и 35 поездов соответственно, один поезд шёл до Нового Петергофа. Весь участок железной дороги от Балтийского вокзала до ст. Ораниенбаум I проходит через территорию Санкт-Петербурга. «Обычные» электропоезда на этом участке активно замещаются поездами «Ласточка», что не сказывается на времени маршрута – они идут тем же расписанием и с таким же количеством остановок.

Ещё более существенным было сокращение количества поездов, отходящих от Витебского вокзала. В 2005 г. по участку Санкт-Петербург – Павловск, также полностью расположенному в административных границах Санкт-Петербурга, ежедневно проходило 109 пригородных поездов, в 2022 г. – 65.

Есть и обратные примеры. В 2022 г. в Приозерском направлении перемещалось больше поездов, чем в 2005 г. В 2005 г. на участке Финляндский вокзал – Девяткино в сутки проходило 19 поездов, в 2022 г. – 43. От Девяткино до Васкелово в 2005 г. ходило 34 поезда, в 2022 г. – 45, между Васкелово и Сосново – 29 и 37 соответственно. Выросло число электропоездов в направлении Финляндский вокзал – Мельничный Ручей (г. Всеволожск). Если в 2005 г. здесь ходило в сутки 30 электропоездов, то в 2022 г. – 40. У Приозерского и Всеволожского направлений есть одно общее свойство – в непосредственной близости от Санкт-Петербурга, но уже в пределах Ленинградской области, за первые десятилетия XXI в. здесь выросли крупные города-спутники – Мурино (Приозерское направление) и Кудрово (Всеволожское направление). Но возникновение и стремительный рост этих городов определялся не железными дорогами, а метрополитеном (Мурино, ст. метро «Девяткино») и автомобильным транспортом (Кудрово).

Существуют проекты организации пригородного железнодорожного сообщения с другими стремительно развивающимися городами-спутниками, например городом Сертолово. В Сертолово действительно есть грузовая железнодорожная станция «Левашово-2», созданная в 50-х гг. XX в. для нужд стоявшего здесь танкового полка. Но железная дорога, соединяющая пригородную станцию Левашово на линии железной дороги Санкт-Петербург – Выборг с упомянутой выше станцией Левашово-2, представляет собой подъездной путь, радиусы закругления и строение верхнего пути которого исключают возможность движения пассажирских поездов. Также имеются проблемы с собственностью на землю [12]. Переделать же эту дорогу с изменением её трассы путём спрямления пути невозможно, потому что почти на всём своём протяжении она проходит через застроенные территории.

К числу положительных перемен можно отнести организацию движения пригородных поездов «Ласточка» по направлению Финляндский вокзал – Выборг. В этом направлении использование «Ласточек» даёт значительное сокращение времени в пути: 1 час 15 минут вместо примерно 2,5 часов. Весьма эффективно также движение пригородных «Ласточек» по направлению Санкт-Петербург – Великий Новгород, а также Санкт-Петербург – Луга.

В целом можно отметить, что развитие пригородной зоны Санкт-Петербурга, на протяжении XX в. определявшееся главным образом железными дорогами, в первые десятилетия XXI в. всё более и более «отрывается» от них [6; 22]. Новые жилые кварталы в пригородах Санкт-Петербурга создаются с опорой главным образом на автомобильные дороги. Этому в немалой степени способствует и активно происходящее на протяжении последних десятилетий сокращение пригородного железнодорожного сообщения на большей части расходящихся от Санкт-Петербурга направлений.

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. Количественные показатели пригородных перевозок на общероссийском уровне в целом производят благоприятное впечатление, но эти показатели обеспечиваются главным образом за счёт Москвы и Московской области, составляющих львиную долю пригородных перевозок России. Кроме Москвы и Московской области, рост пригородных сообщений отмечается в очень небольшом числе субъектов Федерации (Калининградская область, Краснодарский край), но их значение остаётся очень невысоким. В подавляющем большинстве субъектов Федерации пригородные сообщения резко сократились, местами эти перевозки вообще фактически исчезли. Это особенно ярко проявляется в небольших по численности населения депрессивных регионах (например, Ивановская, Брянская, Псковская области). Можно уверенно утверждать, что в подавляющем большинстве регионов страны пригородное сообщение на протяжении исследуемого периода (2005–2022 гг.) многократно сократилось, во многих регионах почти исчезло, и ожидать его восстановления в обозримом будущем не приходится;

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

2. Деградация сети пригородного железнодорожного сообщения в Санкт-Петербурге и других северо-западных регионах, где пригородное железнодорожное сообщение ориентируется на Санкт-Петербург, имеет в ряде случаев необратимый характер, поскольку ликвидируются как пассажирское сообщение, так и дороги, по которым они проходили (Сланцы – Гдов, Лебяжье – Краснофлотск). В некоторых случаях это сообщение можно восстановить (Каменногорск – Светогорск, Луга – Великий Новгород). По большинству направлений пригородных сообщений в ближайших окрестностях Санкт-Петербурга на протяжении исследуемого периода отмечается значительное сокращение количества пригородных поездов, примерами чего являются направления Балтийский вокзал – Новый Петергоф и Витебский вокзал – Павловск. Ещё сильнее сократилось количество пригородных поездов на дальних для пригородных перевозок расстояниях, где они зачастую являлись единственным видом общественного транспорта. Рост числа пригородных поездов отмечается на направлениях, в окрестностях которых ведётся активное новое жилищное строительство (Приозерское и Всеволожское направления Финляндского вокзала), но это новое строительство ориентируется главным образом на другие виды транспорта (метрополитен, автомобильный транспорт). В целом, пригородные железные дороги, на протяжении XX в. определявшие развитие пригородной зоны Санкт-Петербурга, всё более и более теряют своё значение в этом качестве.

Библиографический список

1. Аникеев В.В. Территориальное развитие города Владивосток и его агломерации // Тихоокеанская география. 2023. № 2 (14). С. 23–36. doi: 10.35735/26870509_2023_14_2
2. В Псковской области отменили ряд пригородных поездов: РЖД [2012]. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=117504> (дата обращения: 30.01.2024)
3. Вахненко Р.В. Региональные аспекты трансформации пассажирских связей в рыночных условиях (на примере российского Дальнего Востока) // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2011. № 3 (18). С. 73–79.
4. Дегусарова В.С., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Геодемографические особенности пригородной зоны Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2018. Т. 10, № 3. С. 19–40. doi: 10.5922/2079-8555-2018-3-2
5. Корнекова С.Ю., Мартынов В.Л., Файбусович Э.Л. Новые направления в общественно-географических науках. СПб: СПбГЭУ, 2017. 107 с. ISBN 978-5-7310-4099-0
6. Мартынов В. Л., Сазонова И. Е., Васильева О. Е., Греков И. М., Соколова Н. В. Антропогенные и природные факторы формирования границ пригородной зоны Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2024. Т. 16, № 2. С. 63–83. doi: 10.5922/2079-8555-2024-2-4
7. Меркушев С.А. Железнодорожное пассажирское сообщение в российских городах-миллионерах: масштабы, специфика, возможности преобразования городской среды // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 3 (58). С. 21–37. doi: 10.17072/2079-7877-2021-3-21-37
8. МЦК: Московский метрополитен [2024]. URL: <https://mosmetro.ru/passengers/development/mcc/about> (дата обращения: 30.01.2024)
9. О проекте МЦД: Московский транспорт [2024]. URL: <https://transport.mos.ru/mcd/about> (дата обращения: 30.01.2024)
10. Орехов С.Ю. Специфика географии транспорта в исторической ретроспективе // Наукосфера. 2023. № 4–1. С. 59–63. doi: 10.5281/zenodo.7842388
11. Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования: Росстат. [2024]. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BA%D0%B0+%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%B2> (дата обращения: 28.01.2024)
12. Под Петербургом приступают к реализации транспортного мегапроекта: РБК [2024]. URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/07/03/2024/65e98eff9a7947580a6b7a34 (дата обращения: 2.02.2024)
13. Расписание движения поездов со всех вокзалов. СПб: б/и, 2005. 30 с.
14. Расписание движения поездов со всех вокзалов. СПб: б/и, 2022. 32 с.
15. Расписание электричек: Иркутск: Яндекс [2024]. URL: <https://rasp.yandex.ru/station/2054001/suburban/> (дата обращения: 30.01.2024)
16. Расписание электричек: Калининград: Яндекс [2024]. URL: <https://rasp.yandex.ru/suburban/kaliningrad> (дата обращения: 30.01.2024)
17. Расписание электричек: Махачкала: Яндекс [2024]. URL: <https://rasp.yandex.ru/station/9613649/suburban/> (дата обращения: 30.01.2024)
18. Расписание электричек: Новосибирск: Яндекс [2024]. URL: <https://rasp.yandex.ru/station/9610189/suburban/> (дата обращения: 30.01.2024)
19. Расписание: Аэроэкспресс Владивосток – Кневичи: VL.ru [2024]. URL: <https://rasp.yandex.ru/station/2054001/suburban/> (дата обращения: 2.02.2024)
20. Родман Б.Б. Страна перманентного колониализма. Подумаем о моральных аспектах // Здравый смысл. 2008/2009. № 1. С. 38–41.
21. Самбуров К.В. Железнодорожное районирование России на основе дальнего пассажирского сообщения // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86, № 2. С. 179–190. doi: 10.31857/S258755662202008X
22. Самбурова С.А. Типология зон тяготения пригородных станций Санкт-Петербургского железнодорожного узла // Псковский регионологический журнал. 2024. Т. 20, № 3. С. 179–193. doi: 10.37490/S221979310031840-7
23. Тимофеева Л. На дачу бесплатно. Круглый год // Санкт-Петербургские ведомости. № 076 (6429). 25.04.2019.
24. Barff R., Prentice L.K. III. Dynamic Shift-Share Analysis // Growth and Change. 1988. No. 19 (2). P. 1–10.
25. Chun-Yun Sh., Yang Y. A Review of Shift-Share Analysis and its Application in Tourism // International Journal of Management Perspectives. 2008. No. 1 (1). P. 21–30.
26. LaFaive M., Hohman J.M. The Michigan Economic Development Corporation: A Review and Analysis. Mackinac Center, 2009. 83 p.

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

References

1. Anikeev, V.V. (2023) Territorial development of the city of Vladivostok and its agglomeration *Tihookeanskaja geografija*. No 2(14). P. 23-36. DOI 10.35735/26870509_2023_14_2 (In Rus.).
2. In the Pskov region, a number of commuter trains were canceled: RZhD [2012]. [Electronic resource] URL: <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=117504> (accessed: 30.01.2024). (In Rus.)
3. Vahnenko, R. V. (2011) Regional aspects of the transformation of passenger connections in market conditions (using the example of the Russian Far East). *Ojkumena. Regionovedcheskie issledovaniya*. No 3(18). P. 73-79. (In Rus.).
4. Degusarova, V. S., Martynov, V.L., Sazonova, I.E. (2018) Geodemography of the Saint Petersburg suburbs. *Baltic Region*. Vol. 10, No. 3. P. 19-40. DOI 10.5922/2079-8555-2018-3-2.
5. Kornekova S.Yu., Martynov V. L., Fajbusovich E. L. (2017) *Novye napravleniya v obshhestvenno-geograficheskikh naukah* [New directions in social and geographical sciences]. – Spb.: SPbGEU, 107 p. – ISBN 978-5-7310-4099-0. (In Rus.).
6. Martynov, V. L., Sazonova, I. E., Vasil'eva, O. E., Grekov, I. M., Sokolova, N. V. (2024) Anthropogenic and natural factors shaping the boundaries of the St. Petersburg suburban area. *Baltic Region*. Vol. 16, No. 2. P. 63-83. DOI 10.5922/2079-8555-2024
7. Merkushev, S. A. (2021) Railway passenger service in Russian millionaire cities: scale, specifics, possibilities of urban environment transformation. *Geograficheskij vestnik = Geographical bulletin*. No 3(58). P. 21–37. DOI: 10.17072/2079-7877-2021-3-21-37. (In Rus.).
8. MCK: Moscow metropolitan [2024]. [Electronic resource] URL: <https://mosmetro.ru/passengers/development/mcc/about> (accessed: 30.01.2024). (In Rus.)
9. About the MCD project: Moscow transport [2024]. [Electronic resource] URL: <https://transport.mos.ru/mcd/about> (accessed: 30.01.2024). (In Rus.).
10. Orekhov, S. Yu. (2023) The specifics of the geography of transport in historical retrospect. *Naukosfera*. No 4-1. p. 59-63. – DOI 10.5281/zenodo.7842388. (In Rus.)
11. Departure of passengers by public railway transport: Rosstat. [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%BA%D0%B0+%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BE%D0%B2> (accessed: 28.01.2024). (In Rus.).
12. A transport megaproject is being launched near St. Petersburg: RBK [2024]. [Electronic resource] URL: https://www.rbc.ru/spb_sz/07/03/2024/65e98eff9a7947580a6b7a34 (accessed: 2.02.2024). (In Rus.).
13. *Raspisanie dvizheniya poezdov so vseh vokzalov* [Train schedules from all stations.] (2005). SPb.: s.n., 30 p. (In Rus.)
14. *Raspisanie dvizheniya poezdov so vseh vokzalov* [Train schedules from all stations] (2022). SPb.: s.n., 32 p. (In Rus.)
15. Suburban trains schedule: Irkutsk [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rasp.yandex.ru/station/2054001/suburban/> (accessed:30.01.2024). (In Rus.).
16. Suburban trains schedule: Kaliningrad [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rasp.yandex.ru/suburban/kaliningrad> (accessed: 30.01.2024).
17. Suburban trains schedule: Mahachkala [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rasp.yandex.ru/station/9613649/suburban/> (accessed: 30.01.2024).
18. Suburban trains schedule: Novosibirsk [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rasp.yandex.ru/station/9610189/suburban/> (accessed:30.01.2024).
19. Schedule: Aeroexpress train Vladivostok – Knevichi [2024]. [Electronic resource] URL: <https://rasp.yandex.ru/station/2054001/suburban/> (accessed:2.02.2024).
20. Rodoman, B.B. (2008) A country of permanent colonialism. Let's think about the moral aspects. *Zdravyj smysl*. No 1. 2008/2009. p. 38-41.
21. Samburov, K. V. (2022) Railway zoning of Russia based on long-distance passenger traffic. *Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. Vol. 86, No 2. p. 179-190. DOI 10.31857/S258755662202008X. (In Rus.).
22. Samburova, S. A. (2024) Typology of gravity zones of suburban stations of the St. Petersburg railway junction *Pskovskij regionologicheskij zhurnal*. V. 20, No 3. P. 179-193. DOI 10.37490/S221979310031840-7. (In Rus.)
23. Timofeeva L. To the dachas for free. All year round. *Sankt-Peterburgskie vedomosti*. No 076 (6429). 25.04.2019. (In Rus.)
24. Barff R., Prentice L.K. III. Dynamic Shift-Share Analysis. *Growth and Change*. 1988. No 19 (2). P. 1–10.
25. Chun-Yun Sh., Yang Y. A Review of Shift-Share Analysis and its Application in Tourism. *International Journal of Management Perspectives*. 2008. No 1(1). P. 21–30.
26. LaFaive M., Hohman J.M. *The Michigan Economic Development Corporation: A Review and Analysis*. Mackinac Center, 2009. 83 p.

Статья поступила в редакцию: 26.07.24, одобрена после рецензирования: 25.10.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 26 July 2024; approved after review: 25 October 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Экономическая, социальная и политическая география
Андреева Т.А., Кузин В.Ю., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е.

Информация об авторах

Татьяна Александровна Андреева

кандидат географических наук,
 старший преподаватель кафедры физической
 географии и природопользования
 Российской государственной университет
 им. А.И. Герцена;
 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48;
 старший преподаватель кафедры картографии
 и геоинформатики, Институт Наук о Земле
 Санкт-Петербургский
 государственный университет
 191178, г. Санкт-Петербург, 10-я линия, 33-35

e-mail: chippo@mail.ru

Вадим Юрьевич Кузин

кандидат географических наук, доцент
 эколого-географического отделения,
 Институт естественных наук
 Северо-Восточный федеральный университет
 им. М.К. Аммосова,
 677013, г. Якутск, ул.Кулаковского, 48

e-mail: vadim-13.06@yandex.ru

Мартынов Василий Львович

доктор географических наук, профессор кафедры
 экономической географии, факультет географии
 Российской государственной университет
 им. А.И. Герцена,
 191186, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

e-mail: lwowich@ Herzen.spb.ru

Сазонова Ирина Евгеньевна

кандидат географических наук, доцент кафедры
 экономической географии, факультет географии
 Российской государственной университет
 им. А.И. Герцена,
 191186, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

e-mail: iesazonova@ Herzen.spb.ru

Information about the authors

Tatiana A. Andreeva

Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer,
 Department of Physical Geography and Environmental
 Management, Faculty of Geography, Herzen State
 Pedagogical University of Russia;

48, Moika Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia;
 Senior Lecturer, Department of Cartography and
 Geoinformatics, Institute of Geosciences,
 St. Petersburg State University;
 33-35, Line 10, Vasilyevsky Ostrov, St. Petersburg,
 191178, Russia

Vadim Yu. Kuzin

Candidate of Geographical Sciences, Associate
 Professor, Ecology-Geography Department,
 Institute of Natural Sciences,
 North-Eastern Federal University;

48, Kulakovskogo st., Yakutsk, 677013, Russia

Vasilii L. Martynov

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Depart-
 ment of Economic Geography, Faculty of Geography,
 Herzen State Pedagogical University of Russia;

48, Moika Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

Irina E. Sazonova

Candidate of Geographical Sciences, Associate
 Professor, Department of Economic Geography,
 Faculty of Geography,
 Herzen State Pedagogical University of Russia;

48, Moika Embankment, St. Petersburg, 191186, Russia

Вклад авторов

Андреева Т.А. – обработка материала, составление карт.

Кузин В.Ю. – сбор и обработка материала, написание статьи.

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

Сазонова И.Е. – сбор и обработка материала, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Tatiana A. Andreeva – material processing; mapping.

Vadim Yu. Kuzin – material collection and processing; writing of the article.

Vasilii L. Martynov – idea; material collection and processing; writing and scientific editing of the article.

Irina E. Sazonova – material collection and processing; writing of the article.

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

Научная статья

УДК 911.3:33+004.42+004.6

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-54-66

**ПРИМЕНЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ НАЛОГОВОЙ СЛУЖБЫ
ДЛЯ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА****Павел Олегович Сёмин**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Аннотация. В статье представлена технология создания геокодированного табличного набора данных о субъектах малого и среднего предпринимательства (МСП) в России на основе открытых данных Федеральной налоговой службы (ФНС России). Получаемый в результате применения технологии набор данных охватывает всю территорию России и содержит информацию, детализированную до уровня конкретных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. Таблица включает следующие поля (колонки): ИНН, ОГРН, вид (юридическое лицо, индивидуальный предприниматель, глава крестьянского (фермерского) хозяйства), категория (микропредприятие, малое, среднее предприятие), имя или наименование, место жительства или местонахождение (субъект федерации, район, город, населённый пункт), код основного вида деятельности по ОКВЭД, доходы, расходы, среднесписочная численность работников. Данные о доходах, расходах и численности работников доступны за каждый год с 2018 г., остальные – за каждый месяц с августа 2016 г. Статья излагает воспроизводимую методику обработки исходных данных и демонстрирует её применение для получения и разведочного анализа сведений о фирмах в сфере сельского, лесного хозяйства и рыболовства. Дополнением к статье является открытое консольное приложение на языке программирования Python, реализующее описанную технологию. Показано, что открытые данные ФНС России с помощью предложенного алгоритма можно применять для решения ряда аналитических и исследовательских задач в области экономической географии, в особенности тех, где требуются дезагрегированные сведения или пространственная детализация до населённых пунктов. Благодаря географическим координатам получаемый набор данных может без дополнительной обработки использоваться для картографирования. Наличие кодов ОКТМО позволяет объединять его с официальными статистическими сведениями.

Ключевые слова: открытые данные, пространственный анализ, геоданные, административные данные, малое и среднее предпринимательство, реестр организаций, Apache Spark, ФНС России

Для цитирования: Сёмин П.О. Применение открытых данных налоговой службы для экономико-географического анализа // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 54–66. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-54-66

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-54-66

APPLICATION OF THE TAX SERVICE OPEN DATA FOR ANALYSIS IN ECONOMIC GEOGRAPHY**Pavel O. Syomin**

Perm State University, Perm, Russia

Abstract. This paper presents a methodology for the creation of a geocoded tabular dataset of small and medium-sized enterprises (SMEs) in Russia based on open data provided by the Federal Tax Service (FTS) of Russia. The resulting dataset encompasses the entire territory of the country. The data is provided at the level of individual SMEs. The dataset is structured as a CSV file comprising the following fields: tax number, registration number, legal status (juridical person, sole trader, head of a peasant (farm) enterprise), SME category (microbusiness, small-sized business, medium-sized business), name, address (region, district, city, settlement), main activity code according to OKVED (Russian Classifier of Economic Activity Types), income, expenses, and average number of employees. The dataset includes revenue, expenses, and employee data from 2018 onward, with yearly granularity; all the other variables are presented from August 2016 onward, with monthly granularity.

The article presents a reproducible methodology for the processing of raw FTS data and illustrates its application in the generation and exploratory data analysis of a dataset comprising firms in the agriculture, forestry, and fishery sectors. A reference implementation of the described technology is provided in the form of an open-source Python command-line tool. The paper demonstrates that the proposed technique enables the utilization of FTS open data to address a range of analytical and academic tasks in the field of economic geography, particularly those benefiting from disaggregated information or requiring spatial resolution at the settlement level. Furthermore, the incorporation of geographic coordinates into the dataset facilitates direct mapping without additional processing needed. The inclusion of municipal codes allows for seamless integration with official statistical information.

Keywords: open data, spatial analysis, spatial data, administrative data, small and medium-sized enterprises, business registry, Apache Spark, FTS of Russia

For citation: Syomin, P.O. (2024). Application of the tax service open data for analysis in economic geography. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 54–66. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-54-66



Введение

Современные общественно-географические исследования часто основаны на работе с данными. К таким данным относятся, например, агрегированная (сводная) социально-экономическая статистика [5, 8, 26], общедоступные сведения социальных сетей и поисковых систем [2, 13], геоданные сотовых операторов [3, 4, 9], информация коммерческих систем бизнес-аналитики [14, 18] или геоинформационных сервисов [16], спутниковые снимки [15]. По объёму, разнообразию и скорости обновления некоторые источники информации приближаются к характеристикам «больших данных» [1], использование которых для решения традиционных общественно-географических задач – потенциально перспективное направление [7].

Для части экономико-географических исследований важны сведения, детализированные до уровня отдельных фирм. К таким сведениям относятся, например, местонахождение, выручка, расходы, число работников, наименование и другие характеристики. Указанные данные могут использоваться напрямую, как в работах К.В. Ростислава [23], Е.А. Коломак и А.И. Шерубнёвой [12], которые анализируют агломерационные эффекты на основе показателей предприятий. Кроме того, на их основе можно считать статистику с произвольной пространственной или временной группировкой. Например, И.С. Гуменюк оперирует подсчётами абсолютного и относительного числа малых и средних предприятий по муниципалитетам Калининградской области [10]; М.А. Саранча включает количество предприятий в интегральный индекс уровня развития малого предпринимательства на территории муниципального образования [24]; М.А. Макушин с соавторами использует данные о предприятиях в городах БАМа, чтобы оценить структуру промышленности [17]. Дополнительную важность сведения о конкретных фирмах приобретают при исследованиях в масштабе городов [11, 16, 19], при изучении узких секторов экономики, которые не фигурируют обособленно в статистике [18, 20], при анализе отдельно взятой отрасли [14].

Удобного источника геопривязанной информации о фирмах в России нет. Исследователи и прикладные специалисты обычно опираются на данные коммерческих («2ГИС», «Яндекс-карты») [16] или открытых (OpenStreetMap, Wikimapia) геоинформационных сервисов, систем бизнес-аналитики (например, Spark, «Контур.Фокус» и Ruslana) [14, 18]. Как правило, коммерческие фирмы предоставляют сведения за существенную плату, а для выгрузки и обработки информации открытых ресурсов требуется приложить немало усилий. Формально полный список российских организаций и индивидуальных предпринимателей содержится в двух государственных реестрах (Едином государственном реестре юридических лиц и Едином государственном реестре индивидуальных предпринимателей соответственно), однако ни один из них не распространяется в полном виде – можно лишь извлекать отдельные записи вручную через веб-сервис ФНС России либо автоматизированно за плату через программный интерфейс. Таким образом, актуален вопрос об удобном инструменте, который позволил бы бесплатно и легально получить максимально полный набор геопривязанных данных о российских фирмах.

С недавних пор экономико-географы обратили внимание на такой источник информации, как административные данные ФНС России. Для исследований используются, в частности, сведения о доходах физических лиц [21], о налоговых поступлениях в разрезе субъектов России или видов экономической деятельности [22, 25], о среднесписочной численности работников организаций [23], о количестве учтённых жилых помещений [16], о количестве малых и средних предприятий и мерах их поддержки [10]. Особое внимание привлекает реестр субъектов малого и среднего предпринимательства (реестр МСП), который регулярно и полностью размещается на сайте службы и содержит сведения о конкретных организациях и индивидуальных предпринимателях, включая адреса регистрации. Де-факто это наиболее полный набор данных о российских фирмах, детализированный до уровня отдельных фирм, доступный всем без платы и геопривязанный хотя бы каким-то образом. Использовать его в исходном виде – непростая задача: выгрузки реестра за несколько лет имеют суммарный сжатый объём 200 Гб и характеризуются сложной многоуровневой структурой, а адреса, записанные в привычном для человека виде, не содержат географических координат или кодов муниципальных образований, в результате чего мало пригодны для автоматизированного анализа. Цель работы, проведённой при подготовке данной статьи, – упростить использование данных реестра МСП для широкого круга экономико-географов.

В статье предложена технология (алгоритм), позволяющая формировать геопривязанный табличный набор данных о малых и средних фирмах в России. В качестве основы выбран реестр субъектов малого и среднего предпринимательства (реестр МСП), размещённый в форме открытых данных на сайте Федеральной налоговой службы России (ФНС России). В отношении субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) набор данных представляет собой генеральную совокупность. Кроме того, в статье обосновывается, что указанный набор данных может использоваться как достаточно репрезентативная выборка для анализа экономики в целом, а не только малого и среднего предпринимательства. Статья сочетает в себе элементы методической работы, data rare и software rare: она подробно описывает исходные данные и воспроизводимый алгоритм (методику) работы с ними, в том числе содержит ссылку на код программы, после чего демонстрирует результат обработки данных на тестовом примере, включая потенциальный вариант разведочного анализа.

Материалы и методы

Технология опирается на один основной источник исходных данных и несколько вспомогательных источников. Все они являются общедоступными и бесплатными для использования.

Реестр МСП как основной источник сведений. Реестр МСП – это государственная информационная система, содержащая информацию о субъектах малого и среднего предпринимательства. Она предусмотрена ст. 4.1 Федерального закона от 24.07.2007 № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации». Субъекты малого и среднего предпринимательства (субъекты МСП) – это коммерческие юридические лица и индивидуальные предприниматели, соответствующие критериям по доходу, числу работников и некоторым другим показателям. За реестр отвечает ФНС России. Сведения в реестр попадают автоматически, то есть без участия самого субъекта МСП, благодаря чему обеспечивается максимально возможная полнота данных. По закону, сведения реестра ежемесячно размещаются в Интернете и являются общедоступными в течение пяти лет с года опубликования. Норма о реестре появилась в законе в конце 2015 г. На практике реестр размещён на сайте ФНС России в форме открытых данных в виде ежемесячных полных выгрузок, первая из которых датируется августом 2016 г., а последняя доступная на момент подготовки статьи к публикации – июлем 2024 г. (<https://www.nalog.gov.ru/opendata/7707329152-rsmp/>).

Технически реестр МСП в форме открытых данных – это коллекция zip-архивов xml-файлов. Каждый zip-архив – это «срез» (выгрузка, дамп, dump) реестра на определённую дату. Коллекция zip-архивов тем самым образует временной ряд (time series). Каждый zip-архив содержит множество (обычно 6–7 тыс.) xml-файлов. Каждый xml-файл включает в себя информацию о множестве (обычно ровно 900) субъектов МСП. Один субъект МСП в xml-файле представлен элементом «Документ». Отдельные характеристики субъекта МСП представлены вложенными элементами, атрибутами и значениями в элементе «Документ». К числу таких характеристик относятся ИНН, ОГРН, адрес регистрации, наименование или имя, коды ОКВЭД, вид и категория субъекта МСП, дата включения в реестр и другие.

На момент написания статьи (декабрь 2023 г.) было доступно 88 zip-архивов. Их суммарный объём – 193 Гб в сжатом виде и 2,4 Тб в распакованном. Из-за большого объёма исходных данных требуется оптимизировать алгоритм их обработки и применять специализированные инструменты для работы с «большими данными», о которых будет сказано ниже. При этом проделанные оптимизации позволяют осуществить все необходимые вычисления на обычном персональном компьютере, не задействуя облачные платформы.

Вспомогательные источники. В дополнение к реестру МСП используются ещё два набора открытых данных ФНС России. Первый – это «Сведения о суммах доходов и расходов по данным бухгалтерской (финансовой) отчетности организаций» (<https://www.nalog.gov.ru/opendata/7707329152-revexp/>). Он содержит ИНН, суммарные доходы и расходы за год, предшествующий году публикации. Обновляется несколько раз в год, но последующие обновления в течение одного года, по-видимому, представляют собой уточнение ранее опубликованных сведений, поэтому практическая периодичность обновления составляет год. В отличие от реестра МСП, содержит только информацию об организациях, но не об индивидуальных предпринимателях. Технически аналогичен реестру МСП: представляет собой временной ряд zip-архивов xml-файлов, где каждый архив соответствует определённой дате, а каждый xml-файл внутри архива содержит информацию о множестве организаций. Второй вспомогательный источник информации – «Сведения о среднесписочной численности работников организации» (<https://www.nalog.gov.ru/opendata/7707329152-sshr2019/>). Содержит ИНН и среднесписочную численность работников за год, предшествующий году публикации сведений. По остальным характеристикам идентичен предыдущему. Данные обоих наборов доступны с 2019 г. по настоящее время. На момент подготовки статьи на сайте ФНС России была опубликована только последняя версия вспомогательных наборов данных. Раньше были доступны предыдущие. Они сохранились в личном архиве автора и доступны по запросу.

Для нормализации адресов, расстановки координат и кодов ОКТМО используются два справочника. Один из них – «Населенные пункты России: численность населения и географические координаты» (<https://data.rcsi.science/data-catalog/datasets/160/>). Подготовлен проектом «Инфраструктура научно-исследовательских данных» на базе открытых данных Росстата и сведений региональных медицинских информационно-аналитических центров. Содержит перечень городских и сельских населённых пунктов с указанием субъекта Российской Федерации и муниципального образования, кода ОКТМО и географических координат. Второй – «Города России» (<https://github.com/hflabs/city>). Подготовлен компанией «Дадата» на базе собственных разработок. Содержит перечень городских населённых пунктов с информацией о их месте в административно-территориальном делении, коде ОКТМО и географических координатах. Поскольку некоторые города в нём отсутствуют, автор статьи добавил их вручную, опираясь на сведения Федеральной информационной адресной системы (ФИАС).

Методика обработки данных. Предложенный алгоритм обработки данных состоит из пяти шагов, некоторые из которых разбиты на подзадачи. Он изображён на схеме (рис. 1) и описан ниже. Обозначения в скобках соответствуют обозначениям на схеме.

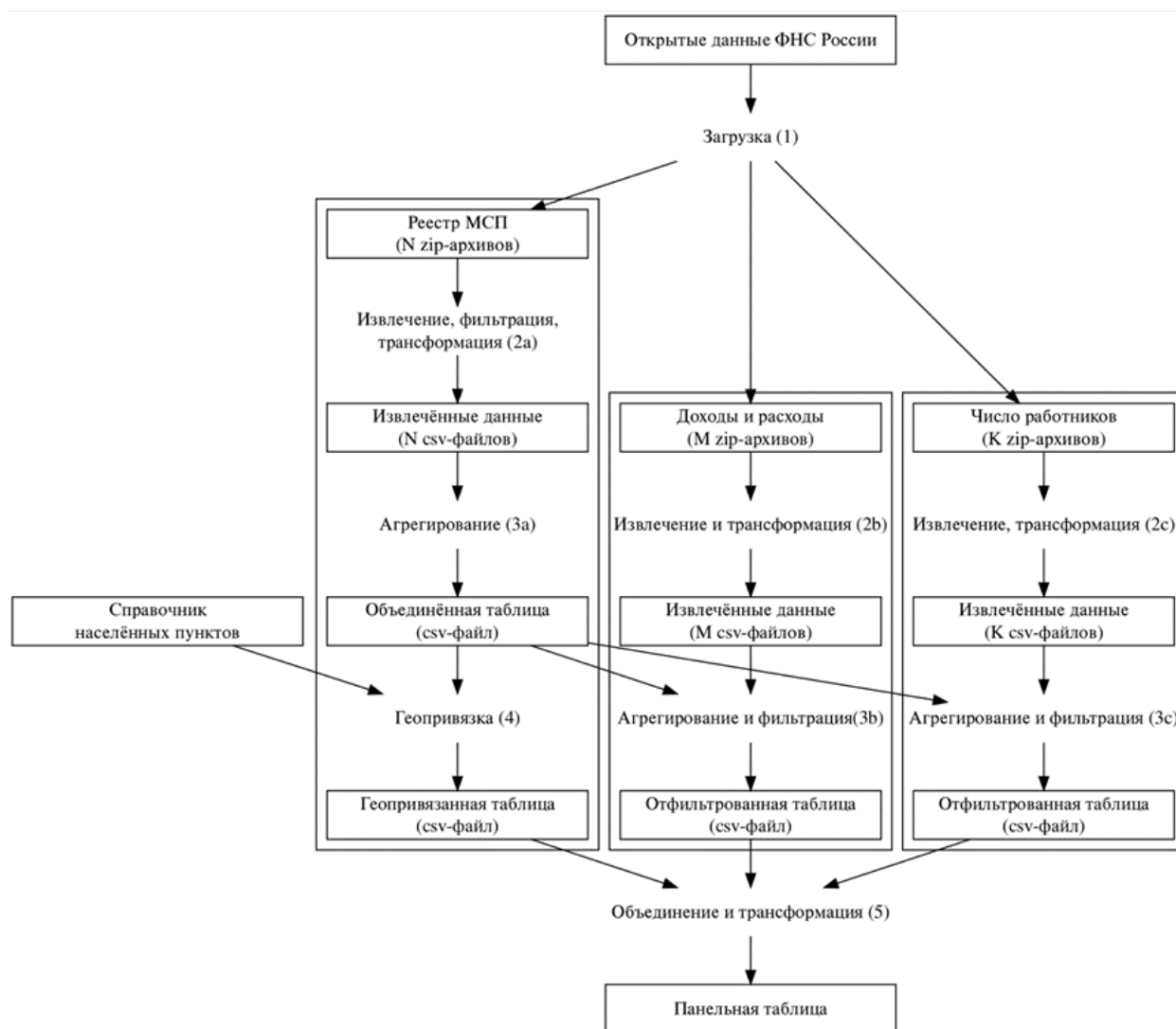


Рис. 1. Схема обработки данных
Fig. 1. Data processing diagram

Первый шаг – это загрузка данных ФНС России (1). Наборы открытых данных загружаются с сайта ФНС России на устройство пользователя. Загрузка ускоряет дальнейшую обработку. Кроме того, благодаря ей создаётся резервная копия исходных данных, что страхует от риска удаления наборов с сайта налоговой службы. Гео-ретически также возможна загрузка и обработка данных в облачном сервисе, таком как Yandex Cloud.

Второй шаг – фильтрующее извлечение данных (2a). Каждый zip-архив реестра МСП преобразуется в csv-таблицу. Каждая строка таблицы содержит сведения об одном субъекте МСП. Извлекаются следующие характеристики: вид, категория, ИНН, ОГРН, имя или наименование, дата включения в реестр, дата выгрузки сведений в набор открытых данных, юридический адрес (с точностью до населённого пункта), основной код ОКВЭД. При извлечении данные могут фильтроваться по одному или нескольким кодам или группе кодов ОКВЭД. Отфильтрованная таблица будет содержать сведения только из необходимой части реестра МСП, что ускоряет работу и сокращает использование дискового пространства. Реализация данного шага оптимизирована, чтобы уменьшить время обработки, расход оперативной памяти и места для хранения временных файлов: данные из архивов читаются напрямую без распаковки архива целиком, при этом извлекаются и сохраняются только необходимые атрибуты записей о фирмах, а всё лишнее отбрасывается. Аналогичным образом обрабатываются сведения о доходах, расходах (2b) и о среднесписочной численности работников организаций (2c).

Третий шаг – агрегация данных о субъектах МСП (3a). Таблицы в csv-формате, получившиеся на шаге 2a, сводятся в одну таблицу, из которой удаляются дубли, то есть строки, в которых совпадает набор значимых признаков: ИНН, ОГРН, имя или наименование, вид, категория, код ОКВЭД, адрес регистрации. После удаления дублей в каждой строке проставляются две даты: дата начала действия и дата окончания действия. Эти даты указывают на период, в течение которого актуальна информация, содержащаяся в строке. Например, если организация с 10 августа 2016 г. по 10 марта 2021 г. была известна под одним наименованием, а с 10 апреля 2021 г. –

под другим, то в агрегированной таблице она будет представлена двумя строками, у первой из которых дата начала – 10.08.2016, дата окончания – 10.03.2021; у второй дата начала – 10.04.2021, дата окончания – 10.12.2023 (условная дата последнего архива исходных данных). Кроме того, на данном этапе происходят вспомогательные преобразования, цель которых – исправить неточности в исходных данных и корректно определить дубли. Например, в реестре МСП тип населённого пункта может быть указан полностью («город») или сокращённо («г.»), и вспомогательная обработка перед агрегацией позволяет игнорировать такие различия и воспринимать адрес как неизменный. Аналогичным образом производится агрегация данных о доходах, расходах (3b) и агрегация данных о работниках (3c). Кроме того, эти данные не только агрегируются, но и фильтруются так, чтобы в них осталась только информация о тех организациях, которые есть в основном наборе, полученном на шаге 3а.

Четвёртый шаг – геопривязка субъектов МСП (4). Каждая запись в csv-таблице, полученной на этапе 3а, дополняется кодом ОКТМО и географическими координатами населённого пункта, в котором находится субъект МСП. Для этого используются адрес регистрации и вспомогательные наборы геоданных. Кроме того, исходный адрес в наборе данных заменяется на нормализованный. После нормализации адресов набор данных повторно проверяется на дубли. Дубли, образовавшиеся из-за нормализации адресов, удаляются, а даты актуальности сведений пересчитываются.

Пятый, опциональный шаг – создание панельного представления (5). Таблица, полученная на этапе 4, объединяется с таблицами, полученными на этапах 3b и 3c, и преобразуется в панельный временной ряд, где представлены характеристики каждого субъекта МСП за каждый год с 2016. Содержательно такая таблица не отличается от первоначальных, но более удобна для анализа: она одна вместо трёх, и вместо компактного, но не слишком интуитивного и весьма технологизированного формата с датами актуальности информации в ней представлена по годам. Если сведения о субъекте МСП в течение года менялись, то строк будет несколько. Такой вид более привычен для исследователей, а также упрощает объединение набора данных с официальной статистикой, которая также обычно даётся в разрезе календарных лет.

Характеристики итогового набора данных. Получаемый набор данных охватывает всю территорию России за период с августа 2016 г. по настоящее время. В зависимости от настроек фильтрации он содержит информацию обо всех субъектах МСП или только о тех, которые ведут деятельность в выбранных сферах. Его пространственное разрешение – до конкретного населённого пункта, временное – до месяца, структурное – до конкретного кода по общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД). Сведения являются дезагрегированными, то есть детализированными до уровня отдельных фирм (организаций и индивидуальных предпринимателей). Помимо структурированных адресов, набор содержит географические координаты населённых пунктов, в которых находятся фирмы, и коды ОКТМО соответствующих муниципальных образований.

Технические детали реализации. Описанный выше алгоритм реализован как консольное (CLI) приложение на языке программирования Python. Чтение xml осуществляется с помощью высокоэффективной библиотеки lxml. Для агрегации, геопривязки и создания панельного представления используются система обработки больших данных Apache Spark и библиотека Pandas. Исходный код опубликован в личном репозитории автора статьи: <https://github.com/PavelSyomin/ru-smb-companies>.

Демонстрационный вариант. С помощью описанного алгоритма был подготовлен пробный набор данных о субъектах МСП, ведущих деятельность в сфере сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбноводства. Фильтрация вида деятельности производилась по следующему условию: основной код ОКВЭД организации или предпринимателя находится в группе А классификатора. Использовались исходные данные за весь доступный на момент написания статьи период: с августа 2016 г. для реестра МСП; с октября 2019 г. для сведений о доходах и расходах организаций; с марта 2020 г. для сведений о среднесписочной численности работников организаций – и до ноября 2023 г. Описание и визуализация результата приведены в следующем разделе статьи.

Результаты и обсуждение

Техническая статистика работы алгоритма. Время создания демонстрационного набора данных – около 15 часов. Больше всего занимает извлечение информации из архивов (шаг 2). Объём исходных данных – около 200 Гб. Объём итоговых таблиц – 60 Мб, панельного представления – 634 Мб. Итоговый набор данных содержит информацию примерно о 102 тыс. организаций и 316 тыс. индивидуальных предпринимателей.

Распределение по субъектам Российской Федерации. Нормализованные адреса позволяют агрегировать информацию по субъектам Российской Федерации. На рис. 2 представлено количество субъектов МСП, которые вели деятельность в сфере лесного (слева) и сельского (справа) хозяйства в 2021 г. Распределение ожидаемо разное: наибольшее количество фирм в сфере сельского хозяйства расположено в Черноземье и на юге России, также заметны животноводческие регионы; лесное хозяйство сосредоточено на севере европейской части страны, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Кроме того, видно, что по числу зарегистрированных фирм лесное хозяйство уступает сельскому: даже в регионах, которые специализируются на лесном хозяйстве, количество субъектов МСП, ведущих основную деятельность в этой сфере, едва сравняется с количеством субъектов МСП, ведущих деятельность в сельском хозяйстве (вероятно, в основном в животноводстве и охоте, которая по ОКВЭД отнесена к тому же коду 01, что и сельское хозяйство).

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

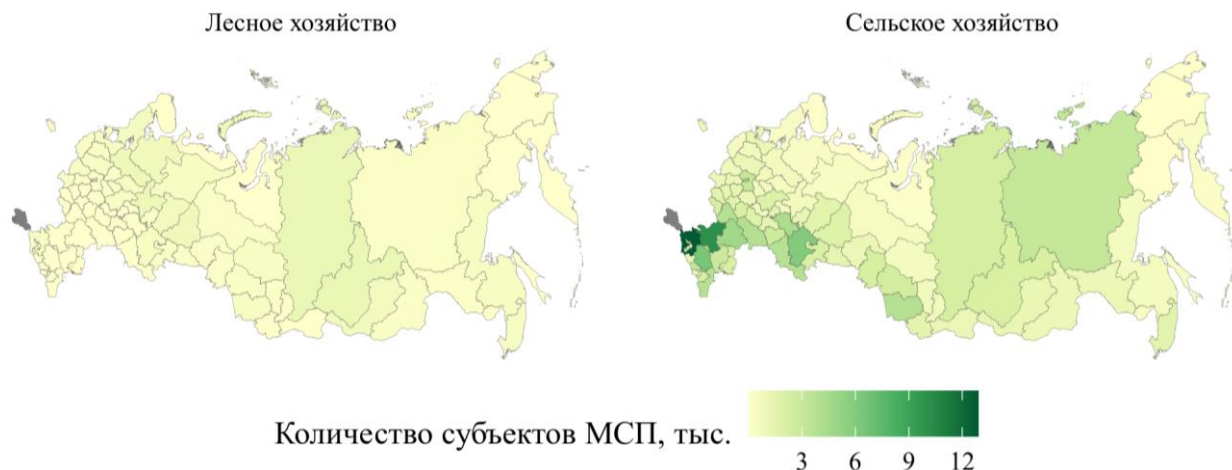


Рис. 2. Распределение количества субъектов МСП, ведущих деятельность в сфере сельского и лесного хозяйства, по регионам (субъектам Российской Федерации) в 2021 г.

Fig. 2. Regional distribution of SMEs with main activity in agriculture or forestry, 2021

В отличие от официальной статистики, производимый набор данных позволяет проанализировать пространственное распределение с точностью до конкретных видов деятельности, а не крупных агломератов. На рис. 3 показано количество субъектов МСП, ведущих деятельность по выращиванию пшеницы (код 01.11.11) и риса (код 01.12) в 2021 г. Можно заметить, что пространственное распределение фирм отличается и отчасти согласуется с районами выращивания соответствующих культур, хотя вряд ли полностью соответствует ему, так как номинальный код основного вида деятельности не всегда соответствует фактическому. Кроме того, выращивание пшеницы – это намного более распространённое занятие, чем выращивание риса, где даже в регионах специализации общее число фирм весьма невелико.

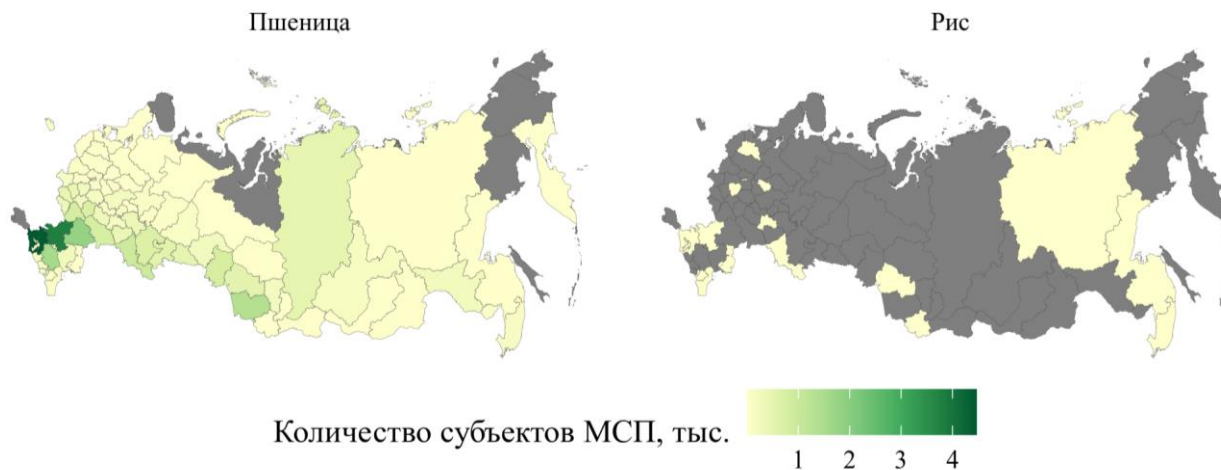


Рис. 3. Распределение количества субъектов МСП, ведущих деятельность по выращиванию пшеницы и риса, по регионам (субъектам Российской Федерации). Серый цвет – отсутствие данных

Fig. 3. Regional distribution of SMEs whose main activity code is growing wheat or rice, 2021.

Grey indicates no data available

Распределение по муниципальным образованиям. Набор данных помимо названия субъекта Российской Федерации содержит географические координаты, название населённого пункта и территориальной единицы (района, муниципалитета) внутри субъекта. Это позволяет выполнять более детализированные агрегации и показывать их на карте, например спуститься от субъектов Российской Федерации на уровень ниже и перейти к муниципалитетам. На рисунке 4 показано количество субъектов МСП в муниципальных образованиях России в 2021 г, а также преимущественная специализация муниципалитетов исходя из того, каких фирм в них больше всего.

Отслеживание отдельных фирм. Набор данных позволяет анализировать изменения у конкретных организаций и предпринимателей, например «переезд» (изменение адреса регистрации) из одного региона в другой.

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

На рис. 5 показано изменение количества субъектов МСП из пробного набора, зарегистрированных в субъектах Российской Федерации, за весь проанализированный период.

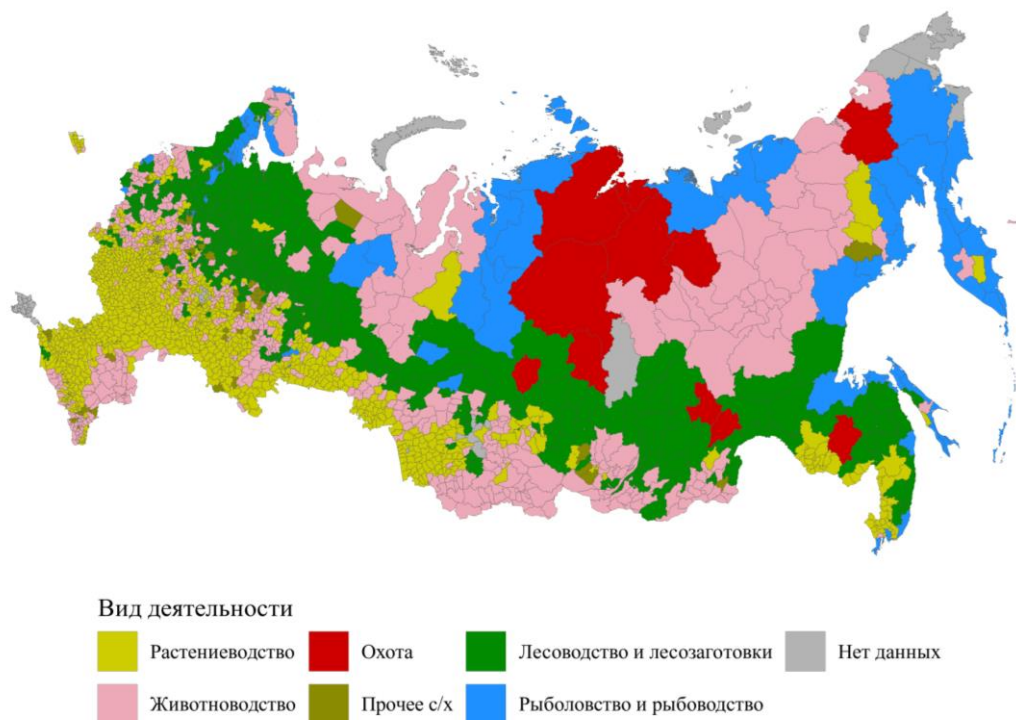


Рис. 4. Число субъектов МСП по муниципальным образованиям и преобладающий вид деятельности. Цвет соответствует тому виду деятельности, который указан в качестве основного у наибольшего числа субъектов МСП в данном муниципалитете (см. легенду). Границы муниципалитетов показаны в соответствии с GADM level2

Fig. 4. The count of SMEs in Russian municipal territories with the dominant activity type, 2021. The most popular activity in the municipality is indicated by color (see legend). GADM municipal borders (level2) are used

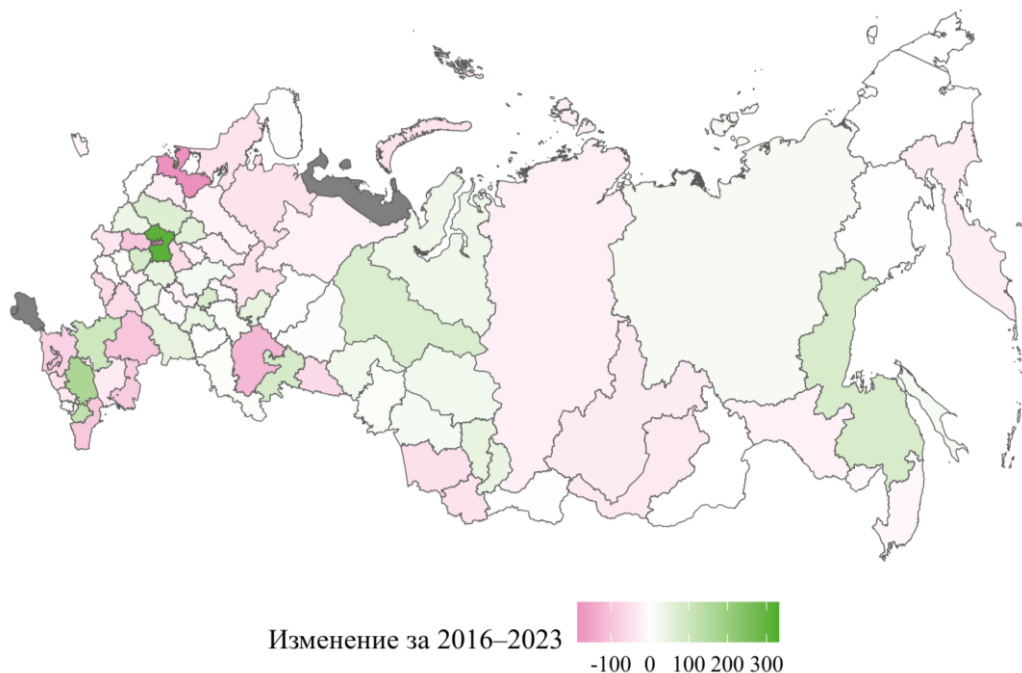


Рис. 5. Распределение количества субъектов МСП из демонстрационного набора, прибывших или покинувших территорию региона (субъекта Российской Федерации) за 2016–2023 гг.

Fig. 5. Regional distribution of SMEs which migrated to or from the region during 2016–2023

Обсуждение. Предложенный алгоритм имеет техническую ценность: он позволяет обработать большой массив сложноструктурированных данных и сделать на его основе несколько сравнительно компактных таблиц в формате, который традиционно используется исследователями. Кроме того, технология нормализует адреса, содержащиеся в исходных данных, и обогащает их географическими координатами и кодами ОКТМО, тем самым делая их пригодными для обработки в геоинформационных системах (ГИС) и пространственного анализа в целом, а также упрощая объединение с муниципальной статистикой. Для выполнения алгоритма, несмотря на использование Apache Spark, достаточно персонального компьютера средней конфигурации – применять облачные вычислительные ресурсы не обязательно. Таким образом, для конечного пользователя технология представляет собой способ работать с big data, обойдя при этом сопутствующие сложности и повышенные требования к ресурсам и навыкам и с помощью нескольких оптимизаций превратив её в работу с обычными «малыми» данными. Благодаря открытому исходному коду и использованию свободного программного обеспечения алгоритм может пригодиться не только пользователям, но и разработчикам как база для создания собственных продуктов.

Набор данных, формируемый с помощью описанной технологии, является информацией о генеральной совокупности субъектов МСП в России. Его можно использовать для сплошного исследования малого и среднего предпринимательства в стране. В некотором роде это квази-источник первичных статистических сведений, которые, по общему правилу, относятся к информации ограниченного доступа, но в данном случае являются открытыми в силу прямого указания в Налоговом кодексе.

Технология де-факто позволяет получить полный перечень индивидуальных предпринимателей с именами и адресами (с точностью до населённого пункта). ФНС России не публикует сведения о доходах, расходах и числе работников применительно к индивидуальным предпринимателям, из-за чего исследовательская ценность этих данных меньше, чем информации об организациях. Также следует отметить, что анализ сведений об индивидуальных предпринимателях может рассматриваться как обработка персональных данных физических лиц, что создаёт правовые риски, особенно актуальные в свете регулярного ужесточения юридической ответственности за нарушения в этой сфере.

Вопрос о том, можно ли использовать технологию и создаваемый с её помощью набор данных для изучения не только малого и среднего бизнеса, но и экономики в целом, является сложным. Как отмечалось в обзоре литературы, потребность в данных, детализированных до уровня отдельных фирм, существует, но получить такую информацию сложно или дорого. Может быть, сведений о субъектах МСП будет достаточно, чтобы делать правдоподобные выводы об экономике в целом? На первый взгляд, это разумное предположение, ведь малые и средние предприятия дают 43 % ВВП, обеспечивают занятостью 38 % работников и составляют почти 98 % в общем числе фирм в России [6]. Столь большое пересечение выборки (реестра МСП) и генеральной совокупности (всех российских юридических лиц и индивидуальных предпринимателей) позволяет предположить, что они во многих случаях взаимозаменяемы, но не гарантирует, что в некоторых ситуациях (отдельные субъекты Российской Федерации или виды деятельности) не будут наблюдаться существенные расхождения. Следовательно, стоит всё же оценить репрезентативность реестра МСП количественно, в том числе с учётом субъекта Российской Федерации или вида деятельности, а не полагаться исключительно на 98-процентное совпадение с множеством всех субъектов экономической деятельности.

Очевидно, что реестр МСП не является случайной выборкой из генеральной совокупности. Причина этого проста: он пополняется не случайно, а исходя из ограничений по финансовым показателям и числу сотрудников. Следовательно, если оценивать репрезентативность реестра МСП по процедуре его формирования, то есть рассуждать теоретически, то он нерепрезентативен: позволяет делать выводы о небольших фирмах, но не распространять их на все компании. Возможен, однако, и альтернативный, эмпирический путь: чтобы понять, является ли реестр МСП достаточно хорошим «прокси» для генеральной совокупности фирм, надо сравнить распределение фирм в нём с распределением в генеральной совокупности. Обычно при анализе репрезентативности сделать такое сравнение невозможно, поскольку характеристики генеральной совокупности неизвестны. В случае с фирмами в России ситуация другая: статистический регистр Росстата представляет собой относительно полный источник сведений о генеральной совокупности.

Для оценки репрезентативности реестра МСП можно использовать корреляционный анализ. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) содержит данные о числе организаций в разрезе субъектов России и групп ОКВЭД за 2019–2022 гг. (<https://fedstat.ru/indicator/58109>). Такая же статистика рассчитывается на базе реестра МСП. В результате для каждого года, каждого региона и каждой группы ОКВЭД известны два числа: общее количество организаций и количество организаций в реестре МСП. Далее вычисляются коэффициенты корреляции по годам, регионам и группам. Используется ранговый коэффициент корреляции Спирмена, так как он более устойчив к выбросам, чем коэффициент корреляции Пирсона.

Результаты анализа показывают высокую согласованность между числом организаций в целом и числом организаций в реестре МСП. Общий коэффициент корреляции в течение рассмотренных четырёх лет составляет чуть больше 0,8 и мало изменяется (табл. 1). Коэффициенты корреляции по регионам различаются довольно сильно (рис. 9), но в основном составляют от 0,7 до 0,9. При анализе отдельных групп ОКВЭД коэффициент корреляции в большинстве случаев не меньше 0,9, а иногда приближается к единице (табл. 2). Лишь три группы

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

характеризуются сравнительно небольшой корреляцией: госуправление (О), образование (Р) и экстерриториальная деятельность (U). Это объяснимо, потому что в госуправлении и образовании подавляющее большинство организаций являются государственными или муниципальными (органы власти, подведомственные им учреждения, школы, детские сады, вузы), а количество организаций, ведущих экстерриториальную деятельность, слишком мало, и даже небольшие абсолютные расхождения в числах резко меняют общую картину. Если повторить анализ по годам и регионам, исключив три наиболее «проблемные» группы, то общие коэффициенты корреляции по годам повысятся до 0,94–0,95, а по регионам сместятся в сторону 0,9–1,0. (табл. 1, рис. 9).

Таблица 1

Корреляция между числом организаций в реестре МСП и общим числом организаций в каждом регионе (субъекте Российской Федерации) в каждой группе деятельности по годам
Correlation between the count of SMEs and the total count of commercial organizations by year

Год	$\rho_{Spearman}$, все группы ОКВЭД	$\rho_{Spearman}$, без О, Р, U
2019	0,83	0,95
2020	0,82	0,95
2021	0,81	0,94
2022	0,81	0,94

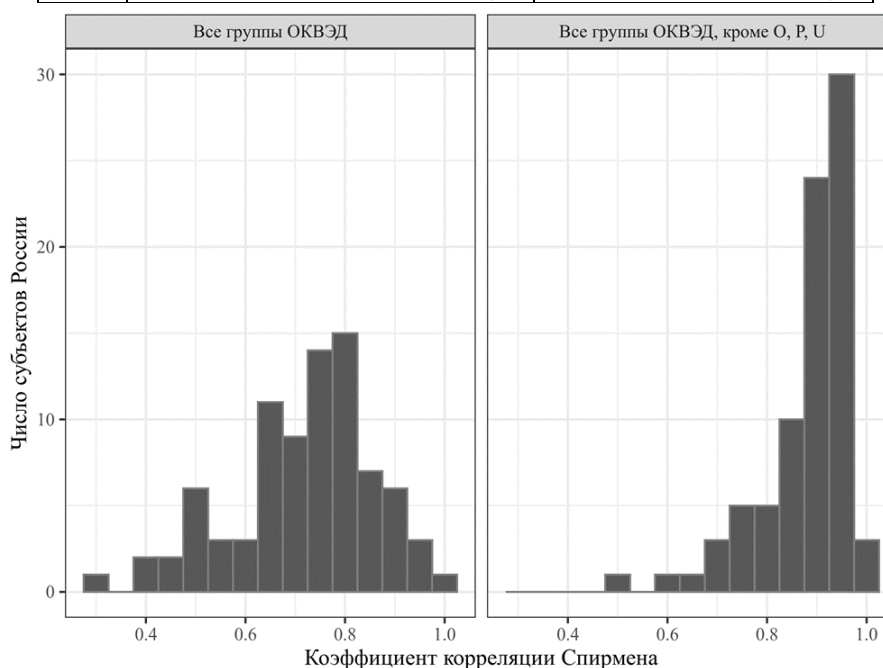


Рис. 6. Распределение регионов (субъектов Российской Федерации) по корреляции между числом организаций в реестре МСП и общим числом организаций в каждом году в каждой группе деятельности

Fig. 6. Distribution of regions by the correlation coefficient between the count of SMEs and the total count of commercial organizations

Таблица 2

Корреляция между числом организаций в реестре МСП и общим числом организаций в каждом регионе (субъекте Российской Федерации) и каждом году по группам ОКВЭД
Correlation between the count of SMEs and the total count of commercial organizations by OKVED activity group

Код группы	Наименование группы	$\rho_{Spearman}$
U	Деятельность экстерриториальных организаций и органов	0,38
О	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	0,68
Р	Образование	0,78
Р	Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	0,88
Т	Деятельность домашних хозяйств как работодателей; недифференцированная деятельность частных домашних хозяйств по производству товаров и оказанию услуг для собственного потребления	0,89
А	Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	0,93
С	Предоставление прочих видов услуг	0,94
Q	Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	0,96
К	Деятельность финансовая и страховая	0,97

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

Окончание табл. 2

Код группы	Наименование группы	ρ_{Spearman}
E	Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	0,97
D	Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	0,98
L	Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	0,98
B	Добыча полезных ископаемых	0,98
J	Деятельность в области информации и связи	0,99
F	Строительство	0,99
N	Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	0,99
G	Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	0,99
M	Деятельность профессиональная, научная и техническая	0,99
I	Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	1,00
C	Обрабатывающие производства	1,00
H	Транспортировка и хранение	1,00

Таким образом, в большинстве случаев реестр МСП может рассматриваться как достаточно качественная замена полному списку организаций как минимум в двух аспектах: он корректно отражает географическое распределение количества организаций по субъектам Российской Федерации в подавляющем большинстве групп ОКВЭД и структуру экономики по большинству групп ОКВЭД в значительной части субъектов Российской Федерации. Результаты корреляционного анализа выглядят весьма очевидными с учётом того, что субъекты МСП – это 98 % всех российских фирм, но позволяют выделить частные случаи, в которых реестр МСП слабо отражает генеральную совокупность: госуправление, образование, экстерриториальная деятельность. Репрезентативность по количеству фирм в разрезе субъектов Российской Федерации и групп ОКВЭД не гарантирует репрезентативности на более низком уровне (конкретные коды ОКВЭД, муниципальные образования, населённые пункты) или по другим характеристикам (число работников, прибыль). Тем не менее технология позволяет подготовить такой набор данных, который можно использовать в ряде задач при отсутствии альтернатив и в условиях дополнительных проверок не только при изучении малого и среднего предпринимательства как такового, но и при географическом исследовании экономической активности всех организаций. Кроме того, набор данных можно применять для разведочного анализа, по результатам которого искать полные данные для более качественной проверки гипотез.

Ещё одной проблемой является различие между реальным и формальным положением дел. Юридический адрес может отличаться от места ведения деятельности, а ОКВЭД, указанный в документах, может не соответствовать фактической деятельности. Сложности усиливаются из-за того, что расхождения могут проявляться в разной степени в зависимости от расположения и отрасли экономики: так, в особых экономических зонах много номинально зарегистрированных организаций, а место деятельности интернет-компаний обычно не совпадает с местом нахождения офиса. Вряд ли эту проблему можно решить системно, поэтому технология не проверяет данные о местонахождении и виде деятельности, предполагая, что они достоверны. В некоторых случаях объём данных сам по себе снижает эффект от неизбежных расхождений. Если возникают сомнения, то целесообразно выборочно проверить соответствие между номинальным и фактическим положением дел. Для этого можно использовать открытые картографические сервисы, сайты организаций и здравый смысл.

Заключение

В статье описана технология, позволяющая на основе открытых данных ФНС России создать геопривязанный набор данных о субъектах МСП (организациях и индивидуальных предпринимателях), ведущих деятельность определённого вида. Получаемый набор охватывает период с августа 2016 г. по настоящее время, содержит сведения о регистрационных номерах, наименовании, местонахождении фирмы, её виде и категории, доходах, расходах и числе работников. В пространственном отношении он детализирован до населённых пунктов, во временном – до лет (в части доходов, расходов и числа работников) или месяцев (по остальным характеристикам), в структурном – до кода вида деятельности по ОКВЭД. Местонахождение фирмы указано как нормализованный адрес населённого пункта, его географические координаты и код ОКТМО. Технология реализована на языке программирования Python с использованием свободного программного обеспечения и позволяет обрабатывать большие (несколько терабайт) объёмы исходных данных на компьютере средней конфигурации за разумное время (обычно не более суток).

Технология может использоваться как готовый способ получения данных для экономико-географических исследований или как база для создания производных решений. Поскольку получаемый набор данных представляет собой сплошной геопривязанный перечень субъектов МСП в России за несколько лет, то он может применяться для пространственного и временного анализа малого и среднего предпринимательства. Благодаря относительной репрезентативности реестра МСП по отношению к генеральной совокупности российских фирм в географическом и структурном плане технология может использоваться как источник данных везде, где требуется

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

геопривязанная информация об экономической активности с детализацией до конкретных организаций или населённых пунктов. Технология позволяет самостоятельно получить данные, аналогичные тем, которые содержатся в коммерческих системах бизнес-аналитики или в картографических сервисах. Поскольку создаваемый набор данных содержит координаты для каждой записи (элемента), он удобен также для картографической визуализации.

К ограничениям технологии можно отнести неизбежные расхождения между номинальными сведениями, указанными в реестрах, и фактическим положением дел; охват только части фирм, причём не обязательно репрезентативной во всех отношениях; правовые риски при анализе данных об индивидуальных предпринимателях, которые одновременно являются персональными данными. Из-за неполноты адресных баз данных и изменчивости классификатора муниципального деления геопривязка также происходит корректно не во всех случаях. Кроме того, с учётом тенденции к снижению открытости административных данных есть опасность, что исходные наборы данных на сайте ФНС России перестанут быть доступными.

Библиографический список

1. Graham M., Shelton T. Geography and the future of big data, big data and the future of geography // *Dialogues in Human Geography*. 2013. No. 3 (3). P. 255–261.
2. Liu W. [et al.]. The geography of human activity and land use: A big data approach // *Cities*. 2020. (97). С. 102523.
3. Бабкин Р.А. Оценка численности населения муниципальных образований Московского столичного региона по данным операторов сотовой связи // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2020. № 4. С. 116–121.
4. Бабкин Р. А. Опыт использования данных операторов сотовой связи в зарубежных экономико-географических исследованиях // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2021. № 3 (66). С. 416–439.
5. Балина Т. А. [и др.]. Статус территории опережающего развития как механизм управления регионом // *Тихоокеанская география*. 2021. № 2. С. 33–42.
6. Барина В.А., Земцов С.П. Международный сравнительный анализ роли малых и средних предприятий в национальной экономике: статистическое исследование // *Вопросы статистики*. 2019. № 26 (6). С. 55–71.
7. Блануца В.И. Проблемы развития социально-экономического районирования в эпоху больших данных // *Региональные исследования*. 2017. № 2 (56). С. 4–11.
8. Виноградова О.Л. Оценка репрезентативности показателей интенсивности земледелия (на примере стран Европы) // *Географический вестник=Geographical bulletin*. 2020. № 2. С. 62–74.
9. Воробьев А.Н. Использование геоданных для оперативного изучения населения // *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*. 2021. № 2. С. 49–54.
10. Гуменюк И.С. К вопросу о динамике экономической активности и ее влиянии на бюджетную устойчивость муниципальных образований Калининградской области // *Вестник БФУ им. И. Канта – Естественные и медицинские науки*. 2022. № 1. С. 44–56.
11. Кожевников С.А. Модернизация экономики малых городов российского Севера на основе активизации межмуниципальных хозяйственных связей // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2023. № 3/2023 (26). С. 150–164.
12. Коломак Е.А., Шерубнёва А.И. Оценка влияния агломерационных факторов на экономическую активность (микроэкономический анализ) // *Экономика региона*. 2023. № 3 (19). С. 766–781.
13. Краснов А.И., Краснова М.В. Нестатистические методы оценки трансформации системы расселения Псковской области (по данным сети «ВКонтакте» и сервиса «Яндекс») // *Географический вестник=Geographical bulletin*. 2020. № 4. С. 53–63.
14. Кузьминов И.Ф., Лобанова П.А. Использование текст-майнинга в экономико-географическом отраслевом анализе целлюлозно-бумажной промышленности Европейской России // *Региональные исследования*. 2021. № 1. С. 18–33.
15. Лачининский С.С., Логвинов И.А., Васильева В.А. Оценка спрота городских территорий Санкт-Петербурга на основе спутниковых изображений Landsat // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. 2023. № 3 (68).
16. Лачининский С.С., Сорокин И.С. Пространственная структура и особенности развития поселений Санкт-Петербургской агломерации // *Балтийский регион*. 2021. № 1 (13). С. 48–69.
17. Макушин М.А. [и др.]. Социально-экономическое развитие территорий в зоне влияния БАМ: советские планы и российские реалии // *Географический вестник=Geographical bulletin*. 2023. № 2 (65). С. 12–25.
18. Моисеева Е.Н., Скугаревский Д.А. Рынок юридических услуг в России: что говорит статистика (Серия «Аналитические обзоры по проблемам правоприменения») / Е.Н. Моисеева, Д.А. Скугаревский. ИПП ЕУСПб, 2016.
19. Никоноров С.М., Кривичев А.И., Максимов Ю.И. Управление социально-экономической политикой в моногородах республики Коми // *Экономика устойчивого развития*. 2021. № 4 (48). С. 123–129.
20. Панкратов А.А. Анализ современного состояния российской ИТ-отрасли: ключевые проблемы и тенденции // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2023. № 1 (29). С. 201–216.
21. Петров Ю.В. Пространственное сочетание сельской и городской местности на юге Тюменской области: проблемы, возможные решения // *Географическая среда и живые системы*. 2021. № 3. С. 54–75.
22. Ростислав К.В. Экономико-географическое положение как фактор различий в производительности между регионами России // *Региональные исследования*. 2020. № 3. С. 79–91.
23. Ростислав К.В. Влияет ли географическое сосредоточение на прибыльность российских предприятий? // *Региональные исследования*. 2021. № 1 (71). С. 4–17.

Экономическая, социальная и политическая география

Сёмин П.О.

24. Саранча М.А. Методика оценки уровня и масштабов развития малого предпринимательства в Приволжском федеральном округе (на примере деятельности гостиниц и ресторанов) // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. 2014. (8). С. 27–32.

25. Сафронов С.Г. Трансформация третичной сферы экономики в регионах России в постсоветский период // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. № 4 (85). С. 485–499.

26. Федорченко А.В. Количественная оценка и картографирование территориальных сдвигов в отраслях мирового хозяйства // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2017. № 1. С. 13–19.

References

1. Babkin, R. A. (2020) Estimation of the population of municipalities in the Moscow metropolitan region according to the data of mobile operators. *Lomonosov Geography Journal*, (4), 116–121. (In Russian)

2. Babkin, R. A. (2021) The experience of using the mobile phone data in economic geographical researches in foreign. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 66(3), 416–439. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.21638/spbu07.2021.301>

3. Balina, T. A., Mel'nikov, E. R., Nikolaev, R. S., Stolbov, V. A., Chekmeneva, L. I. (2021) The priority development area as a mechanism of regional management. *Pacific Geography*, (2), 33–42. (In Russian) <https://doi.org/10.35735/tig.2021.6.2.003>

4. Barinova, V. A., Zempsov, S. P. (2019) International Comparative Analysis of the Role of Small and Medium-Sized Enterprises in the National Economy: A Statistical Study. *Voprosy Statistiki*, (26(6)), 55–71. (In Russian) <https://voprstat.elpub.ru/jour/article/view/925>

5. Blanutsa, V. I. (2017) Problems of development of socio-economic regionalization in the era of «big data». *Regional'nye issledovaniia*, (2 (56)), 4–11. (In Russian)

6. Fedorchenko, A. V. (2017) Quantitative evaluation and mapping of territorial shifts in the world economy branches. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, (1), 13–19. (In Russian) <https://vestnik5.geogr.msu.ru/jour/article/view/270>

7. Graham, M., Shelton, T. (2013) Geography and the future of big data, big data and the future of geography. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 255–261. <https://dx.doi.org/10.1177/2043820613513121>

8. Gumenyuk, I. S. (2022) On the dynamics of economic activity and its impact on the budgetary stability of municipalities of the Kaliningrad region. *IKBFU's Vestnik. Series: Natural and Medical Sciences*, (1), 44–56. (In Russian)

9. Kolomak, E. Anatol'evna., Sherubneva, A. I. (2023) Assessment of the Impact of Agglomeration Factors on the Economic Activity: Microeconomic Analysis. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 19(3), 766–781. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-3-12>

10. Kozhevnikov, S. A. (2023) Upgrading the economies of small towns in the Russian North through enhanced intermunicipal economic cooperation. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka [The North and the Market: Forming the Economic Order]*, 26(3/2023), 150–164. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.37614/2220-802x.3.2023.81.010>

11. Krasnov, A. I., Krasnova, M. V. (2020) Non-statistical methods for assessing the transformation of the settlement system of the Pskov region (according to the VKontakte network and the Yandex service). *Geographical bulletin*, (4), 53–63. (In Russian) <http://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/4031>

12. Kuzminov, I. F., Lobanova, P. A. (2021) Text mining for economic geographical sectoral analysis of the pulp and paper industry in European Russia. *Regional'nye issledovaniia*, (1), 18–33. (In Russian)

13. Lachininskii, S. S., Logvinov, I. A., Vasileva, V. A. (2023) Assessment of urban sprawl of St. Petersburg urban areas based on Landsat satellite images. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Earth Sciences*, 68(3). (In Russian) <https://dx.doi.org/10.21638/spbu07.2023.303>

14. Lachininsky, S. S., Sorokin, I. S. (2021) Spatial structure and development of settlements in the Saint Petersburg agglomeration. *Baltic region*, 13(1), 48–69. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.5922/2079-8555-2021-1-3>

15. Liu, W., Wu, W., Thakuriah, P., Wang, J. (2020) The geography of human activity and land use: A big data approach. *Cities*, 97, 102523. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102523>

16. Makushin, M. A., Bobrovskiy, R. O., Demidova, K. V., Danshin, A. I., Goryachko, M. D. (2023) Socio-economic development of the BAM territories: Soviet plans and Russian realities. *Geographical bulletin*, (2(65)), 12–25. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.17072/2079-7877-2023-2-12-25>

17. Moiseeva, E. N., Skougarevskiy, D. A. (2016) *Rynek iuridicheskikh uslug v Rossii: chto govorit statistika (Seriia «Analiticheskie obzory po problemam pravoprimereneniia»)*. IRL EUSPb Publ.

18. Nikonorov, S. M., Krivichev, A. I., Maksimov, I. I. (2021) Management of socio-economic policy in monotowns of the Komi republic. *Economics of sustainable development*, (4 (48)), 123–129. (In Russian) https://doi.org/10.37124/20799136_2021_4_48_123

19. Pankratov, A. (2023) Analysis of the current state of the Russian IT Industry: key issues and trends. *InterCarto. InterGIS*, 29(1), 201–216. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.35595/2414-9179-2023-1-29-201-216>

20. Petrov, Y. V. (2021) Spatial combination of rural and urban areas in the south of the Tyumen region: problems and possible solutions. *Bulletin of the Moscow State Regional University (Geographical Environment and Living Systems)*, (3), 54–75. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.18384/2712-7621-2021-3-54-75>

21. Rostislav, K. V. (2021) Does geographical concentration affect the profitability of Russian enterprises? *Regional'nye issledovaniia*, (1 (71)), 4–17. (In Russian)

22. Rostislav, K. V. (2020) Economic-geographical location as a factor in productivity differences between Russia's regions. *Regional'nye issledovaniia*, (3), 79–91. (In Russian)

Экономическая, социальная и политическая география
Сёмин П.О.

23. Safronov, S. G. (2021) Transformation of the Tertiary Sphere of Russia's Regions Economy in the Post-Soviet Period. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 85(4), 485–499. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.31857/s2587556621040087>

24. Sarancha, M. A. (2014) The methodology for estimating the level and scale of small businesses development in Volga Federal District (on the example of hotels and restaurants). *Universities for Tourism and Service Association Bulletin*, 8, 27–32. (In Russian)

25. Vinogradova, O. L. (2020) Agricultural intensity indicators: representativity assessment (a case study of European countries). *Geographical bulletin*, (2), 62–74. (In Russian) <http://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/3271>

26. Vorobyev, A. N. (2021) Use of Geodata for Operational Study of Population. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, (2), 49–54. (In Russian) <https://dx.doi.org/10.17308/geo.2021.2/3447>

Статья поступила в редакцию: 10.04.24, одобрена после рецензирования: 15.11.2024, принята к опубликованию: 12.12.2024.

The article was submitted: 10 April 2024; approved after review: 15 November 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Павел Олегович Сёмин

аспирант

Пермский государственный

национальный исследовательский университет,

бэкенд-разработчик ООО «Агро-Софтвр»;

614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the author

Pavel O. Syomin

PhD Student

Perm State University;

Backend Developer at AgroSoftware LLC;

15 Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: ntsp@ya.ru

Научная статья

УДК 911.3:33 (470.51) (045)

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-67-78

ОТРАСЛЕВАЯ СТРУКТУРА ЭКОНОМИКИ УДМУРТИИ КАК ФАКТОР РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Алексей Александрович Кашин

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

kashin.alexey@mail.ru, Author ID РИНЦ: 767923

Аннотация. Цель исследования – анализ отраслевой структуры экономики Удмуртской Республики с применением различных подходов. Приводится рейтинг отраслей хозяйства (видов экономической деятельности) по объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг, численности занятых и вкладу в формирование регионального бюджета. По объёмам отгрузки лидирует промышленность – как добывающая, так и обрабатывающая. Максимальная занятость наблюдается в отраслях непроеизводственной сферы (торговля, образование, здравоохранение и т.д.). По участию в формировании регионального бюджета в числе лидеров отрасли как производственной, так и непроеизводственной сферы. Для оценки вклада отраслей с поправкой на численность занятых предлагается понятие «налоговая отдача». Отношение доли отрасли во вкладе в региональный бюджет к доле в общей занятости – коэффициент налоговой отдачи, а вклад в бюджет в расчёте на одно рабочее место – удельная налоговая отдача. Выявляются отрасли, находящиеся в зоне риска в условиях нарастающего кадрового дефицита и межотраслевой конкуренции за трудовые ресурсы. В первую очередь, это отрасли, сочетающие низкую налоговую отдачу с высокой занятостью. Они нуждаются в масштабной поддержке, тем более что ряд из них – системообразующие (образование, здравоохранение, культура, сельское хозяйство). Отрасли, сочетающие высокую занятость с высокой налоговой отдачей, представляются приоритетными для экономики региона, а их развитие через реализацию программ поддержки, инфраструктурные проекты и т.д. должно стать эффективным с точки зрения наполнения регионального бюджета. Указанные подходы могут стать элементами региональной социально-экономической политики и концентрации ресурсов для решения наиболее актуальных задач регионального развития.

Ключевые слова: отраслевая структура экономики, консолидированный бюджет, отгрузка, численность занятых, Удмуртская Республика

Для цитирования: Кашин А.А. Отраслевая структура экономики Удмуртии как фактор регионального развития // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 67–78. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-67-78

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-67-78

THE SECTORAL STRUCTURE OF THE ECONOMY OF UDMURTIA AS A FACTOR IN THE REGIONAL DEVELOPMENT

Alexey A. Kashin

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

kashin.alexey@mail.ru, Author ID РИНЦ: 767923

Abstract. The study aims to analyze the sectoral structure of the Udmurt Republic's economy using various approaches. The economic sectors (types of economic activity) are rated according to the volume of goods shipped, works and services performed, number of employees, and contribution to the regional budget. Industry, both mining and manufacturing, is the leader in terms of shipment volumes. Maximum employment is observed in non-production sectors (trade, education, healthcare, etc.). In terms of contribution to the regional budget, among the leaders are industries from both production and non-production spheres. To assess the contribution of industries as adjusted for the number of employees, the concept of 'tax return' is proposed. The ratio of an industry's share in the contribution to the regional budget to the share in total employment is the tax return coefficient, and the contribution to the budget per employee is specific tax return. The study has identified industries that are at risk in conditions of increasing personnel shortages and inter-industry competition for labor resources. First of all, these are industries that combine low tax returns with high employment. They need large-scale support, especially since some of them are systemically important (education, healthcare, culture, agriculture). Industries where high employment is combined with high tax returns seem to be a priority for the regional economy, and their development through the implementation of support programs, infrastructure projects, etc. should become effective in terms of filling the regional budget. These approaches can become elements of regional socio-economic policy and concentration of available resources for solving the most pressing problems of regional development.

Keywords: sectoral structure of the economy, consolidated budget, shipment, number of employees, Udmurt Republic

For citation: Kashin, A.A. (2024). The sectoral structure of the economy of Udmurtia as a factor in the regional development. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 67–78. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-67-78



Введение

Отраслевая структура экономики – одна из фокусных точек в региональных исследованиях. Она имеет не только экономическую сторону. Превалирование (иногда и абсолютное) тех или иных отраслей на территории региона или его части, города, промышленного узла в течение исторически длительного времени формирует нечто большее, чем структуру ВРП или ассортимент производимой продукции. Это трудовые навыки населения и традиции, бренды территории, её узнаваемость, образы, а во многом и система ценностей. С экономической же точки зрения отраслевая структура экономики – важный фактор регионального развития.

Существуют разные подходы к изучению отраслевой структуры экономики. Они тесно связаны с методиками сбора и обработки статистических материалов и самими объектами статистического учёта. Не остаётся постоянным и понятие «отрасль». Если в классификаторе ОКОНХ [13], действовавшем до 2003 г., категории деления назывались именно отраслями, то в настоящий момент основа для анализа отраслевой структуры – это виды экономической деятельности в соответствии с ОКВЭД 2 [12]. Действующий классификатор разработан в 2014 г., и не по всем видам деятельности есть прямые соответствия даже с предыдущей версией. Однако понятие «отрасль» и производные от него («отраслевая структура», «отраслевая занятость» и т.д.) являются устоявшимися и терминологически применимы к исследованиям с использованием современных данных.

В настоящее время для анализа отраслевой структуры экономики чаще всего используются:

- 1) Отраслевая структура валовой добавленной стоимости;
- 2) Объём отгруженных товаров, выполненных работ и услуг по видам экономической деятельности;
- 3) Среднегодовая численность занятых по видам экономической деятельности.

Все показатели имеют свои особенности и не являются универсальными для оценки роли отраслей в экономике регионов. В качестве ещё одного критерия предлагается анализ отраслевой структуры налогов, поступающих в региональный бюджет. Показатель в значительной степени отражает интересы самого региона и напрямую связан с исполнением бюджетных обязательств. Региональный бюджет – это инструмент для формирования комфортной среды через развитие социально важных сфер: образования, здравоохранения, культуры, дорожного строительства, жилищно-коммунального хозяйства. Кроме того, это ресурс для реализации региональных программ по развитию отдельных отраслей, мер социальной поддержки населения, системы природоохранных мероприятий и т.д.

В качестве модельного региона выбрана Удмуртская Республика. Удмуртия обладает рядом особенностей отраслевой структуры экономики. Главная из них – исторически обусловленная специализация промышленности на металлургии, металлообработке и машиностроении. Основные черты современной промышленности сложились ещё в XVIII–XIX вв., с момента возникновения заводов передельной металлургии, а за ними – оружейного производства и предприятий металлообработки. Позже это закрепило за Удмуртией оборонно-промышленную специализацию. Это имеет последствия, простирающиеся далеко за пределы собственно промышленности. Рисунок транспортной сети, учреждения высшего и среднего профессионального образования, научные организации и их профиль во многом связаны с главными отраслями специализации. В основном этим же вызвана невысокая диверсифицированность экономики и относительно позднее развитие туризма. Отраслевая структура промышленности также является основой ряда узнаваемых брендов. Очевидный пример – конструктор-оружейник М.Т. Калашников, да и вообще оружейная тематика.

Ещё одно следствие оборонной специализации региона – абсолютный приоритет государственных интересов. Потребность в продукции крупнейших предприятий Удмуртиикратно увеличивается в критические для страны моменты, и выполнение гособоронзаказа становится важнейшей задачей. Отсюда следует отток ресурсов (в том числе кадровых) из других отраслей, который ослабляет их, а также создаёт непостоянство в занятости, инвестициях, поступлениях налогов и т.д.

В этих условиях анализ структуры экономики с точки зрения участия в формировании регионального бюджета – важнейший инструмент управления развитием территории.

Материалы и методы исследований

Отраслевая структура экономики является как самостоятельным объектом изучения, так и рассматривается в качестве индикатора других процессов и явлений. Например, А.П. Горкин, оценивая уровень постиндустриальности экономик стран мира, в качестве одного из критериев использует долю третичного сектора в валовом внутреннем продукте (ВВП) стран [6]. С определённой условностью к третичному сектору можно отнести разделы G – S ОКВЭДа – регламента, отражающего номенклатуру видов деятельности российской экономики [12].

И.А. Родионова, анализируя изменения в отраслевой структуре промышленности мира, оперирует отраслевой структурой ВВП по секторам экономики. Применительно к обрабатывающей промышленности и её трансформации рассматриваются доли отдельных отраслей в общей стоимости произведённой продукции [18]. Отраслевая детализация, приведённая автором, достаточно дробная для выделения базовых производств и тех, что развиваются на основе достижений научно-технической революции (НТР).

А.Г. Волкова определяет отраслевую структуру экономики стран как типологический признак. В исследовании анализируется показатель ВВП на душу населения и его структура по трём секторам: промышленность, сельское хозяйство и сфера услуг [5].

В исследовании П.Я. Бакланова и А.В. Мошкова [2] рассматривается структура экономики субъектов, входящих в Арктическую зону Российской Федерации. В качестве основного индикатора используется отраслевая структура валовой добавленной стоимости. Согласно действовавшему на момент написания статьи классификатору, выделяется 16 укрупнённых групп видов деятельности. При этом в один раздел сведены, например, все отрасли обрабатывающей промышленности. На наш взгляд, при анализе небольшого количества регионов (в исследовании – 8) с невысокой ролью обработки в экономике такой подход оптимален. Так, в единственном регионе из рассматриваемых – Красноярском крае – доля обрабатывающих производств в валовой добавленной стоимости превышает 30 %, а в остальных колеблется от 0,2 (Чукотский автономный округ) до 19,3 % (Архангельская область).

Однако если речь идёт о разработке универсальной типологии всех российских регионов, то требуется более высокая детальность. Проблема подбора показателей обозначена, в частности, в исследовании О.В. Кузнецовой и Р.А. Бабкина [11]. Для анализа используются данные Росстата по объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг. Авторы отмечают, что данный показатель менее информативен, чем валовая добавленная стоимость. Однако в качестве преимуществ отмечается оперативность публикации данных, а также гораздо более высокая детальность. Аналогичная проблема затронута и в другой публикации О.В. Кузнецовой по структуре экономики российских регионов [10]. Автор отмечает, что ВРП является наиболее общим показателем социально-экономического развития регионов, но из-за низкой детальности данных ряд разделов включает очень разные виды экономической деятельности. В качестве примера приводятся разделы «операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг», а также «обрабатывающие производства».

Свои преимущества в региональных исследованиях имеет анализ отраслевой структуры занятости. Как констатирует А.В. Кашепов [9], использование стоимостных показателей, например добавочной стоимости, может приводить к преувеличению или преуменьшению роли и значения отраслей. Это связано с завышенным или заниженным уровнем цен на продукцию. (Обратим внимание, что заметные ценовые колебания в условиях рыночной экономики действительно имеют место, причём они не всегда связаны с объективными колебаниями производственных издержек.) В своих исследованиях автор предлагает оригинальную методику расчёта индекса качества структурных сдвигов в экономике. Для этого он делит отрасли (виды деятельности) на условно-прогрессивные, условно-нейтральные и условно-регрессивные. Расчёты проводятся с 1975 по 2020 г., а указанный индекс наглядно маркирует периоды наиболее серьёзных сдвигов в экономике страны, включая моменты кризисов (начало 1990-х, 1998–1999, 2009 г. и т.д.). Несмотря на высокую степень генерализации данных (так, вся обрабатывающая промышленность даётся одной позицией и относится к условно-прогрессивным), использование в качестве основы исследования отраслевой структуры занятости убедительно обосновано. Полагаем, что при более детальном рассмотрении структуры занятости (например, по отраслям обрабатывающей промышленности) в данном исследовании могут открыться новые возможности для анализа структурных сдвигов.

Е.Н. Басовская, обозначая главные факторы трансформации структуры экономики, также берёт за основу отраслевую занятость [3]. На основании динамики занятости по отраслям выделяются стабильно растущие и стабильно сокращающиеся отрасли, а методами регрессионного и факторного анализа – четыре главных фактора происходящих изменений.

В фундаментальном исследовании коллектива авторов НИУ ВШЭ [1] отрасли торгуемого сектора экономики (базовые, экспортные) характеризуются с позиций их доли в общей численности занятых, объема производства и инвестиций, уровня оплаты труда. В Атласе реализован и отраслевой, и региональный подходы, а представленная методика является во многом универсальной.

Что касается отраслевых характеристик налогообложения, то они исследуются в основном в работах экономического профиля. Так, в статье А.А. Васильевой и Е.Т. Гурвича [4] анализируется налоговая нагрузка на отдельные отрасли и её динамика в связи с налоговой реформой. И.Н. Долгова и А.Г. Коровкин [7] рассматривают взаимосвязь производительности труда и налоговую нагрузку в разрезе основных отраслей экономики. Однако указанные работы выполнены в рамках не региональных, а отраслевых исследований. При этом нет работ, в которых бы проводился анализ собираемых налогов как индикатор отраслевой структуры экономики региона.

В настоящей работе осуществлено сравнение отраслевой структуры экономики Удмуртской Республики по трём параметрам: 1) объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг; 2) отраслевой занятости; 3) объёму собранных налогов в разрезе отраслей.

Для сопоставления всех трёх подходов список отраслей был унифицирован. Наиболее детальные данные представлены по объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг [14]. Всего в материалах статистики 2286 видов деятельности и собирательных классификационных группировок. Не все из них представлены в Удмуртской Республике (из общей численности ненулевые значения по 253 видам деятельности и группировкам), но, несмотря на это, детальность показателя очень высока, а для целей комплексного регионального исследования она даже избыточна и требует генерализации.

Меньшая дробность в данных по отраслевой занятости [19]. Данные сгруппированы по 55 видам экономической деятельности. В основном они соответствуют разделам ОКВЭД. Детально расшифрованы разделы «Обрабатывающие производства» (разбит на 24 класса) и «Транспортировка и хранение» (5 классов). В разделе «Деятельность профессиональная, научная и техническая» выделен класс «Научные исследования и разработки». Такая детализация даёт возможность более глубокого анализа, чем по отраслевой структуре валовой добавленной стоимости.

Наконец, отраслевая структура собранных налогов оценивалась на основе статистических данных федеральной налоговой службы [16]. Данные представлены по 105 видам экономической деятельности, соответствующим разделам, классам и подклассам ОКВЭД. Как и в случае с отраслевой занятостью, наиболее детально представлен раздел «Обрабатывающие производства».

Для оперирования данными виды деятельности были сопоставлены и сгруппированы (далее будем использовать понятие «отрасли»). В ряде случаев объединялись несколько видов деятельности, в первую очередь по обрабатывающей промышленности. Некоторые названия были сокращены (без потери ключевых слов) для упрощения восприятия. Например, виды деятельности «производство пищевых продуктов» и «производство напитков» объединены в группу «пищевая промышленность», а название раздела «торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» упрощено до «торговля и авторемонт». Ряд видов экономической деятельности остался на уровне разделов ОКВЭД, особенно в случае, когда хотя бы одна из статистических баз (по занятости либо по налогам) не позволяет провести более дробное распределение. Некоторые виды деятельности, важные для России в целом, но не представленные в Удмуртии, не включались в исследование (например, производство кокса и нефтепродуктов).

В исследовании приведены данные за 2022 г., т.к. на момент подготовки статьи данные по занятости за 2023 г. ещё не опубликованы.

По исследуемым отраслям были рассчитаны значения показателей, обозначенных выше: объёма отгруженных товаров, выполненных работ и услуг, а также среднегодовая численность занятых. Что касается структуры собранных налогов, то были рассчитаны объёмы поступлений главных налогов для регионального бюджета – налога на доходы физических лиц (НДФЛ) и налога на прибыль организаций. В доходной части консолидированного бюджета Удмуртии данные налоги в 2022 г. составили 50,5 млрд рублей, или 41,6 % всего объёма (для справки, за 2023 г. – 66,3 млрд руб., или 50,7 % всех доходов консолидированного бюджета) [8; 15].

Налог на доходы физических лиц по ставке 13 % полностью зачисляется в консолидированный бюджет региона. Из общего объёма налога на прибыль организаций в региональный бюджет поступает 85 %, а 15 % подлежит зачислению в федеральный бюджет.

Соотношение указанных налогов в бюджетных поступлениях меняется по годам, но вне зависимости от этого они остаются главными источниками пополнения региональных бюджетов большинства субъектов. Следовательно, важной задачей региональных властей является увеличение налоговой базы, служащей для начисления указанных налогов, выведение «из тени» доходов граждан и прибыли организаций, а также стимулирование развития отраслей, приносящих наибольший доход в бюджет региона. В настоящем исследовании НДФЛ и налог на прибыль организаций условно назовём «отраслевыми налогами». Они не только являются главными для большинства региональных бюджетов, но и чётко привязываются к отраслям (видам экономической деятельности). Кроме них, отраслевую привязку можно произвести для акцизов, налога на имущество организаций, но их удельный вес в структуре налоговых доходов бюджета невелик, и для оценки отраслевой структуры с точки зрения значимости для региона ими можно пренебречь. К тому же акцизы распространяются на небольшое количество товаров, а распределение по бюджетам различается для разных видов реализуемой продукции.

Обобщая, отметим, что указанные выше три параметра характеризуют отраслевую структуру регионов с трёх разных сторон:

- объём отгруженных товаров, выполненных работ и услуг – оптимальный показатель для характеристики самих отраслей, в первую очередь производственной сферы. С его помощью можно оценить роль региона в общем производстве в отрасли в масштабах страны. При этом использование его для анализа структуры экономики субъекта не всегда даёт наглядные результаты: сложно сравнивать отгрузку в отраслях непродуцированной сферы (особенно по тем, где преобладает бюджетное финансирование: образование, здравоохранение, культура) и производственной (промышленности и сельского хозяйства);

- показатель количества занятых по отраслям имеет выраженный социальный аспект. Важность показателя возрастает в периоды, когда стоит задача снижения безработицы. В условиях экономической нестабильности закрытие крупного предприятия, высвобождение значительного числа работников без альтернативного трудоустройства вызывает напряжённость и влечёт за собой целый ряд социальных проблем. Однако в современных реалиях, когда наблюдается дефицит не рабочих мест, а рабочих рук, задача снижения безработицы теряет свою актуальность;

- отраслевое участие в формировании регионального бюджета отражает интересы самого региона и характеризует не только занятость, но и «эффективность» этой занятости. Очевидно, что в интересах регионального развития важен вклад отраслей в бюджет с поправкой на численность занятых. Другими словами, «налоговая

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

отдача» от каждого рабочего места в отрасли. Симптоматично, что отрасли с высокой налоговой отдачей в основном входят в число отраслей «условно-прогрессивных» [9], «развивающихся на основе достижений НТР» [18] или «являющихся критерием постиндустриальности» [6].

Результаты исследования и обсуждение

Распределение отраслей экономики Удмуртской Республики по объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг представлено в табл. 1.

Таблица 1

Объём отгруженных товаров, выполненных работ и услуг в 2022 г. Составлено автором по материалам [14]

The volume of shipped goods, performed works and services in 2022. Compiled by the author from [14]

Отрасль	Отгрузка, тыс. руб.	Доля от общего объёма отгрузки, %
добыча полезных ископаемых	349548361,7	32,3
производство готовых металлических изделий	109439733,5	10,1
электронная и электротехническая промышленность	82559310,6	7,6
пищевая промышленность	76995142,6	7,1
металлургия	58140883,1	5,4
транспортное и общее машиностроение	52241069,6	4,8
сельское и лесное хозяйство	45082282,6	4,2
транспорт	41833893,6	3,9
обеспечение электроэнергией, газом, паром	39032893,1	3,6
здравоохранение и социальные услуги	29416752,9	2,7
деятельность в области информации и связи	19925312,3	1,8
операции с недвижимым имуществом	19673857,6	1,8
торговля и авторемонт	19234607,8	1,8
деятельность профессиональная, научная и техническая	17048911,4	1,6
лесная и деревообрабатывающая промышленность	16914486,5	1,6
прочие производства	15056693,1	1,4
строительство	14117009,2	1,3
водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	13559587,9	1,3
промышленность строительных материалов	11276988,2	1,0
деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм)	9344755,3	0,9
производство резиновых и пластмассовых изделий	9339284,5	0,9
химическая промышленность	8605386,6	0,8
гостиницы и общепит	5906153,8	0,5
образование	5694733,3	0,5
целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность	5217182,1	0,5
лёгкая промышленность	2617318,2	0,2
предоставление прочих видов услуг	2045570,2	0,2
культура, спорт, досуг и развлечения	1639863,9	0,2
государственное управление и обеспечение военной безопасности	991794,1	0,1
деятельность финансовая и страховая	н/д	-

Структура экономики Удмуртии по объёму отгруженных товаров, выполненных работ и услуг выглядит типично индустриальной. В числе лидеров – добывающая и ряд отраслей обрабатывающей промышленности. Обращает внимание невысокая диверсифицированность. Более 50 % отгрузки приходится всего на три отрасли, а 90 % – на 15 отраслей из 30. Из отраслей обработки по отгрузке лидирует «производство готовых металлических изделий», составляя 10,1 % от общего объёма отгрузки. Это объясняется тем, что в данную группу входит вид экономической деятельности «производство вооружения и боеприпасов» (Удмуртия – один из ключевых регионов оборонно-промышленного комплекса). При анализе динамики обращает на себя внимание факт, что отрасль по объёмам производства стабильна, доля её в отгрузке по годам колеблется незначительно (2017 – 10,6 %; 2018 – 10,1 %; 2019 – 11,4 %; 2020 – 10,7 %; 2021 – 9,2 %). Рост был в 2023 г., доля отрасли в общей отгрузке по итогам года составила 13,6 %. Кроме того, заметен вклад различных отраслей машиностроения (12,4 % в совокупности), а также пищевой промышленности (7,1 %) [14]. Максимальный же вклад вносит добыча полезных ископаемых (в случае с Удмуртией почти весь объём приходится на нефть). В общероссийском объёме отгрузки по данному виду деятельности на Удмуртию приходится 1,3 % [17]. Показатель отгрузки по добывающей промышленности очень непостоянен по годам, но вне зависимости от этого неизменно играет ведущую роль. За последние 6 лет минимальный вклад в отгрузку был в 2020 г., когда доля отрасли составила 24,1 %, что является прямым следствием пандемии COVID-19 (сокращение объёмов добычи и падение цен).

На отрасли непродуцированной сферы приходится небольшая доля в общем объёме отгрузки, особенно на те, где велика роль бюджетного сектора (образование, культура, государственное управление и военная безопасность). Выше доля здравоохранения – в связи с повышенной долей платных услуг и развитием частной медицины.

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

Обратим внимание, что далеко не всегда отгрузка непосредственно обусловлена экономическим развитием региона. Ряд отраслей (для Удмуртии в первую очередь оборонно-промышленный комплекс) функционирует в общероссийских интересах и на развитии самого региона сказывается косвенным образом – через занятость, зарплаты, развитие инфраструктуры, связанной с производством и т.д. На наш взгляд, показатель отгрузки более нагляден для характеристики самих отраслей и географии их размещения по территории страны. Для оценки и анализа структуры экономики региона объём отгруженных товаров применим ограниченно.

Другая сторона – структура занятости. Показатель характеризует не столько экономические, сколько социальные аспекты. Распределение занятых по отраслям экономики представлено в табл. 2.

Таблица 2

Отраслевая структура занятости в 2022 г. Сост. автором по материалам [19]

The sectoral structure of employment in 2022. Compiled by the author from [19]

Отрасль	Численность занятых, чел.	Доля от общей численности занятых, %
торговля и авторемонт	107742	15,7
образование	66245	9,7
строительство	59847	8,7
здравоохранение и социальные услуги	45669	6,7
транспорт	43678	6,4
сельское и лесное хозяйство	39189	5,7
производство готовых металлических изделий	38424	5,6
государственное управление и обеспечение военной безопасности	32616	4,8
электронная и электротехническая промышленность	29234	4,3
деятельность профессиональная, научная и техническая	19178	2,8
пищевая промышленность	17642	2,6
гостиницы и общепит	16950	2,5
деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм)	15566	2,3
операции с недвижимым имуществом	14919	2,2
обеспечение электроэнергией, газом, паром	13927	2,0
транспортное и общее машиностроение	13646	2,0
деятельность в области информации и связи	13642	2,0
добыча полезных ископаемых	12638	1,8
предоставление прочих видов услуг	12208	1,8
культура, спорт, досуг и развлечения	11471	1,7
прочие производства	10985	1,6
лесная и деревообрабатывающая промышленность	9843	1,4
деятельность финансовая и страховая	8821	1,3
металлургия	7749	1,1
водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	7062	1,0
лёгкая промышленность	5606	0,8
промышленность строительных материалов	4501	0,7
производство резиновых и пластмассовых изделий	2993	0,4
целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность	1716	0,3
химическая промышленность	1511	0,2

Отраслевая занятость более диверсифицирована, чем отгрузка. 53 % общей численности сосредоточены в 6 отраслях, 90 % – в 19. На лидирующих позициях – отрасли непродуцированной сферы. В целом для них, особенно для социально-ориентированных, характерно большое превышение доли в занятости над долей в отгрузке. Для отраслей производственной сферы наблюдается обратная картина.

Представленные данные ещё раз подчёркивают необходимость разного подхода к оценке роли отраслей. Не все виды деятельности можно сравнивать друг с другом по приведённым параметрам. Значимость отраслей производственного сектора вполне «материальна» – обеспечение населения и других отраслей экономики конкретными видами продукции, поступление налогов в бюджеты разных уровней, занятость населения, обеспечение безопасности (военной, продовольственной, технологической и т.д.). Но в случае с рядом отраслей непродуцированной сферы сам круг задач совершенно иной. Невозможно свести к материальным аспектам результаты образовательной деятельности, сферы здравоохранения и культуры. Они не нацелены на прямой экономический эффект и обеспечивают другие потребности общества: культурные, духовные, интеллектуальные.

Наконец, третий показатель, анализируемый в исследовании: участие отраслей в формировании регионального бюджета. За основу принимались налоги на доходы физических лиц (НДФЛ) и на прибыль организаций. Условно назовём их «отраслевыми налогами». В бюджете Удмуртии велика доля безвозмездных поступлений из федерального бюджета (32 % от доходной части консолидированного бюджета региона в 2022 г. [15]). Имеет смысл обратиться к доле отрасли в формировании всей доходной части бюджета и отдельно – к доле от общего объёма отраслевых налогов (табл. 3).

Экономическая, социальная и политическая география
Кашин А.А.

Таблица 3

Отраслевое участие в формировании консолидированного бюджета Удмуртии в 2022 г. Составлено автором по [8; 15]
Participation of the sectors in the formation of Udmurtia's consolidated budget in 2022. Compiled by the author from [8; 15]

Отрасль	Отраслевые налоги в 2022 г., тыс. руб.	Доля от доходов консолидированного бюджета, %	Доля от объёма отраслевых налогов
торговля и авторемонт	7899315	6,85	15,35
добыча полезных ископаемых	5636155	4,90	10,97
производство готовых металлических изделий	4157397	3,59	8,05
электронная и электротехническая промышленность	3489821	3,01	6,75
государственное управление и обеспечение военной безопасности	3145046	2,71	6,06
образование	2960853	2,55	5,70
деятельность профессиональная, научная и техническая	2797892	2,42	5,43
здравоохранение и социальные услуги	2605431	2,24	5,02
транспорт	2345442	2,02	4,53
деятельность в области информации и связи	1817695	1,57	3,52
транспортное и общее машиностроение	1594836	1,38	3,09
сельское и лесное хозяйство	1476681	1,27	2,85
обеспечение электроэнергией, газом, паром	1468162	1,27	2,84
строительство	1307634	1,13	2,53
операции с недвижимым имуществом	1137948	0,98	2,20
металлургия	1022395	0,88	1,98
пищевая промышленность	1017246	0,88	1,97
деятельность финансовая и страховая	946781	0,82	1,83
лесная и деревообрабатывающая промышленность	770845	0,67	1,50
деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм)	769129	0,66	1,48
прочие производства	590046	0,51	1,14
водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	550439	0,48	1,07
культура, спорт, досуг и развлечения	460797	0,40	0,89
гостиницы и общепит	421694	0,36	0,81
промышленность строительных материалов	412329	0,36	0,80
предоставление прочих видов услуг	197222	0,17	0,38
лёгкая промышленность	190690	0,16	0,37
производство резиновых и пластмассовых изделий	177294	0,15	0,34
химическая промышленность	154677	0,13	0,30
целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность	135741	0,12	0,26

По участию в формировании регионального бюджета на лидирующих позициях располагаются отрасли либо с высокой долей занятых от их общей численности (образование, торговля, гос. управление и обеспечение военной безопасности), либо те, на которые приходится большие объёмы отгрузки (добыча полезных ископаемых), либо отрасли, сочетающие высокую занятость с высокой отгрузкой (производство готовых металлических изделий, электронная и электротехническая промышленность). Очевидно, что соотношение НДС и налога на прибыль по отраслям сильно отличается. В табл. 4 показано соотношение долей НДС и налога на прибыль организаций в общем объёме отраслевых налогов.

Таблица 4

Соотношение НДС и налога на прибыль в отраслевых налогах (фрагмент). Составлено автором по [16]
The ratio between the personal income tax and profits tax by industry by industry (fragment).
Compiled by the author according to [16]

Отрасль	Доля в отраслевых налогах, %:	
	НДС	Налогов на прибыль организаций
государственное управление и обеспечение военной безопасности	99,60	0,40
культура, спорт, досуг и развлечения	99,59	0,41
образование	99,55	0,45
здравоохранение и социальные услуги	98,81	1,19
предоставление прочих видов услуг	96,95	3,05
гостиницы и общепит	95,49	4,51
...		
химическая промышленность	60,32	39,68
деятельность профессиональная, научная и техническая	54,17	45,83
промышленность строительных материалов	50,94	49,06
торговля и авторемонт	41,96	58,04
лесная и деревообрабатывающая промышленность	40,39	59,61
добыча полезных ископаемых	29,68	70,32

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

Отрасли с абсолютным преобладанием НДСЛ в общей сумме налоговых сборов в основном имеют социальную направленность, а некоторые характеризуются и высокой занятостью (за счёт этого и достигается большой объём уплаченных налогов). Налог на прибыль организаций превышает НДСЛ всего в трёх отраслях: добыче полезных ископаемых, лесной и деревообрабатывающей промышленности и торговле. Ещё в нескольких отраслях доля налога на прибыль составляет более 30 %. Сюда входят все отрасли обрабатывающей промышленности, кроме лёгкой, пищевой и точного машиностроения (электроники и электротехники). Соотношение приведённых налогов по отраслям может сильно отличаться по годам. Если в абсолютных объёмах НДСЛ относительно стабилен, то налог на прибыль организаций колеблется в больших пределах и зависит от множества факторов. В целом в кризисные периоды прибыль в большинстве отраслей падает, хотя в зависимости от характера кризиса есть отрасли, в которых наблюдается и рост. Так, в электронике и электротехнике в 2020 г. налог на прибыль составил 37 % от общей суммы отраслевых налогов, а в 2022 г. – 26 % (для сравнения, в металлургии в 2020 г. – 6 %, а в 2022 г. – 36 %).

С точки зрения управления региональным развитием важно понимать не только доли отраслей в формировании регионального бюджета, но и налоговую отдачу, в том числе с учётом численности занятых. Так, есть отрасли с высокой занятостью и, как следствие, значимым вкладом в региональный бюджет, но с низкими объёмами поступающих налогов в расчёте на одно рабочее место. Для других отраслей, напротив, характерна невысокая занятость, но большие объёмы налогов, поступающих в бюджет региона, в расчёте на одного занятого.

Для оценки реального вклада отраслей в бюджет был получен коэффициент налоговой отдачи. Данное понятие широко не используется в практике и в научной литературе, но, на наш взгляд, отражает отраслевую специфику с точки зрения соотношения занятости и участия в формировании регионального бюджета. В данном исследовании коэффициент налоговой отдачи был рассчитан как отношение доли в отраслевых налогах к доле занятых (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициент налоговой отдачи по отраслям. Составлено автором по [15; 16; 19]

The tax return coefficient by industry. Compiled by the author from [15; 16; 19]

Отрасль	Коэффициент налоговой отдачи (доля в отраслевых налогах / доля в занятости)
добыча полезных ископаемых	5,95
деятельность профессиональная, научная и техническая	1,94
деятельность в области информации и связи	1,77
металлургия	1,75
электронная и электротехническая промышленность	1,58
транспортное и общее машиностроение	1,55
производство готовых металлических изделий	1,44
деятельность финансовая и страховая	1,42
обеспечение электроэнергией, газом, паром	1,40
химическая промышленность	1,36
государственное управление и обеспечение военной безопасности	1,27
промышленность строительных материалов	1,22
целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность	1,05
лесная и деревообрабатывающая промышленность	1,04
водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	1,03
операции с недвижимым имуществом	1,01
торговля и авторемонт	0,98
произв. резиновых и пластмассовых изделий	0,79
пищевая промышленность	0,76
здравоохранение и социальные услуги	0,75
прочие производства	0,71
транспорт	0,71
деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм)	0,65
образование	0,59
культура, спорт, досуг и развлечения	0,53
сельское и лесное хозяйство	0,50
лёгкая промышленность	0,45
гостиницы и общепит	0,33
строительство	0,29
предоставление прочих видов услуг	0,21

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

Для определения вклада каждого рабочего места в формирование доходов бюджета была рассчитана удельная налоговая отдача (табл. 6). Это отношение общего объёма налогов от данной отрасли к суммарной численности занятых в отрасли. Сразу оговоримся, что нет прямой арифметической зависимости между ростом рабочих мест на предприятиях отрасли и ростом поступлений в бюджет в соответствии с приведёнными расчётами (т.е. удельная налоговая отдача 50 тыс. руб. на одно рабочее место в год не означает, что созданные 10 рабочих мест в отрасли принесут 500 тыс. руб.). Особенно это касается налога на прибыль, который зависит от множества факторов. Это лишь условный показатель, позволяющий сравнивать отрасли друг с другом и анализировать некоторую, сугубо экономическую, «эффективность» отраслей с точки зрения формирования регионального бюджета. Но это не единственный показатель, и важно соблюдать баланс между необходимостью наполнить бюджет и решением вопросов комплексного территориального развития.

Таблица 6

Удельная налоговая отдача по отраслям. Составлено автором по [15; 16; 19]

Specific tax return by industry. Compiled by the author from [15; 16; 19]

Отрасль	Удельная налоговая отдача, тыс. руб./год на одно рабочее место
добыча полезных ископаемых	445,97
деятельность профессиональная, научная и техническая	145,89
деятельность в области информации и связи	133,24
металлургия	131,94
электронная и электротехническая промышленность	119,38
транспортное и общее машиностроение	116,87
производство готовых металлических изделий	108,20
деятельность финансовая и страховая	107,33
обеспечение электроэнергией, газом, паром	105,42
химическая промышленность	102,37
государственное управление и обеспечение военной безопасности	96,43
промышленность строительных материалов	91,61
целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность	79,10
лесная и деревообрабатывающая промышленность	78,31
водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов	77,94
операции с недвижимым имуществом	76,28
торговля и авторемонт	73,32
производство резиновых и пластмассовых изделий	59,24
пищевая промышленность	57,66
здравоохранение и социальные услуги	57,05
прочие производства	53,71
транспорт	53,70
деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм)	49,41
образование	44,70
культура, спорт, досуг и развлечения	40,17
сельское и лесное хозяйство	37,68
лёгкая промышленность	34,02
гостиницы и общепит	24,88
строительство	21,85
предоставление прочих видов услуг	16,16

Среди лидеров по удельной налоговой отдаче есть отрасли как производственной, так и непроизводственной сферы. Позиция добывающей промышленности вполне предсказуема. Для отрасли характерна высокая прибыльность (она лидирует по доле налога на прибыль организаций в общем объёме отраслевых налогов), а также высокие средние зарплаты. Всё это ставит добывающую промышленность в особое положение. Отрасль в отношении сбора налогов важна с позиций пополнения не только регионального, но и федерального бюджета, причём в абсолютных значениях вклад несопоставим. Так, если налог на прибыль организаций, поступивший в региональный бюджет, в 2022 г. составил почти 4 млрд руб., а НДФЛ – 1,7 млрд руб. (основные налоги для бюджетов регионов), то суммы налогов, зачисляемые в федеральный бюджет, на два порядка выше. Так, налог на добавленную стоимость всеми организациями отрасли по Удмуртии был уплачен в размере 26,8 млрд руб., а налог на добычу полезных ископаемых – 184 млрд руб. (главные налоги, поступающие в федеральный бюджет) [16].

В случае проблем с наполнением регионального бюджета и наличием у региональных властей соответствующих инструментов необходимо усиливать развитие отраслей с высокой удельной налоговой отдачей. В то же время в условиях межотраслевой конкуренции за трудовые ресурсы формируется группа отраслей с высокими

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

рисками. В первую очередь, это те, где низкая налоговая отдача сочетается с высокой занятостью. Данные отрасли нуждаются в дополнительных мерах поддержки, тем более что основная их часть – системообразующие, и их значение для общества бесспорно.

Для более детального анализа была составлена матрица, где все отрасли разбиты на 2 группы по занятости (отрасли с занятостью выше и ниже медианной) и на 2 – по удельной налоговой отдаче (выше и ниже медианной). Такая схема условно названа «отраслевым портретом региона» (табл. 7).

Таблица 7

Отраслевой портрет Удмуртской Республики. Составлено автором по [15; 16; 19]

Sectoral portrait of the Udmurt Republic. Compiled by the author from [15; 16; 19]

	Занятость выше медианной	Занятость ниже медианной
Налоговая отдача выше медианной	<p>I</p> <ul style="list-style-type: none"> – производство готовых металлических изделий; – электронная и электротехническая промышленность; – деятельность профессиональная, научная и техническая; – обеспечение электроэнергией, газом, паром; – государственное управление и обеспечение военной безопасности 	<p>III</p> <ul style="list-style-type: none"> – добыча полезных ископаемых; – металлургия; – транспортное и общее машиностроение; – химическая промышленность; – промышленность строительных материалов; – лесная и деревообрабатывающая промышленность; – целлюлозно-бумажная и полиграфическая промышленность; – водоснабжение, водоотведение, утилизация отходов; – деятельность финансовая и страховая; – деятельность в области информации и связи
	<p>II</p> <ul style="list-style-type: none"> – торговля и ремонт; – здравоохранение и социальные услуги; – образование; – сельское и лесное хозяйство; – строительство; – транспорт; – операции с недвижимым имуществом; – пищевая промышленность; – деятельность административная и сопутствующие услуги (в т.ч. туризм); – гостиницы и общепит 	<p>IV</p> <ul style="list-style-type: none"> – лёгкая промышленность; – производство резиновых и пластмассовых изделий; – культура, спорт, досуг и развлечения; – прочие производства; – предоставление прочих видов услуг
Налоговая отдача ниже медианной		

Приоритетными и для формирования регионального бюджета, и в социальном плане (с точки зрения занятости) являются отрасли с высокой налоговой отдачей и высокой занятостью. Лишь на одну из них (государственное управление и обеспечение военной безопасности) не могут распространяться инструменты регулирования, т.к. её функционирование обусловлено потребностями управления и безопасности, а не рыночными механизмами. Из отраслей производственной сферы в группу входят электроэнергетика, точное машиностроение и металлообработка. Отдельно отметим деятельность профессиональную, научную и техническую. По удельной налоговой отдаче она уступает только добывающей промышленности, а по занятости занимает 10 место с 2,8 % от общей занятости. Это очень разнообразная группа, в которую входит деятельность в области права и бухгалтерского учёта, архитектуры и инженерно-технического проектирования, научные исследования и разработки и т.д. Как указано в пояснении к разделу М, это «деятельность, требующая длительного обучения и предоставления специализированных знаний и навыков» [12].

Группу риска составляют отрасли с низкой налоговой отдачей и высокой занятостью. Именно они в наибольшей степени страдают от недостатка квалифицированных кадров (и кадров вообще) и проигрывают в межотраслевой конкуренции за трудовые ресурсы. В то же время сюда входят системообразующие отрасли – образование, здравоохранение, сельское хозяйство, пищевая промышленность и ряд других. И если первая группа – это отрасли, являющиеся локомотивами экономики, то вторая – те, в отношении которых необходима системная поддержка. Рыночные отрасли из данной группы нуждаются в повышении производительности труда, а отрасли с высокой долей бюджетного финансирования – во всестороннем стимулировании и с точки зрения зарплат, и обеспечения нормальной бесперебойной работы (материально-техническое обеспечение, правовая поддержка и т.д.). Важен и социальный статус соответствующих профессий, но во многом и он опирается на достойную оплату труда и обеспеченность рабочего процесса.

Заключение

Рассмотренные в статье подходы применимы для исследований на уровне субъектов РФ, надрегиональном (федеральных округов, экономических районов и т.д.) или общегосударственном уровнях. Для муниципалитетов детальная статистика по отгрузке, занятости и налоговым сборам не публикуется, что четко ограничивает административно-иерархический уровень применения данных методов.

На наш взгляд, перспективным направлением дальнейших исследований могла бы стать сравнительная характеристика отраслевой структуры экономики субъектов РФ по рассмотренным параметрам, а также исследование взаимосвязи отраслевой структуры с географическими особенностями регионов: географическим положением, природно-ресурсным потенциалом, особенностями численности, состава и динамики населения и т.д.

Ни один из подходов к оценке отраслевой структуры экономики не является универсальным. Для полного понимания ситуации и управления ей необходимо использование разных методов: и через отгрузку, и через занятость, и через структуру ВРП, и через формирование региональных бюджетов.

Различные подходы оценивают экономику с разных сторон: через отгрузку – с производственной, через занятость – с социальной, через участие в бюджете – с позиций интересов комплексного регионального развития.

Сочетание предложенных механизмов анализа может стать инструментом социально-экономического развития и управления регионом. В работе выделены отрасли, нуждающиеся во всесторонней поддержке, а также те, которые являются или могут стать локомотивами экономики. Создание каждого рабочего места в таких отраслях имеет максимальную налоговую отдачу в региональный бюджет. В целом же это отрасли (виды деятельности) с высокой добавленной стоимостью, и именно они являются экономическими драйверами во многих странах мира. Это и производство (электронная и электротехническая промышленность), и отрасли непроемкой сферы (услуги, требующие высокой квалификации сотрудников).

Библиографический список

1. Абашкин В.Л., Гохберг Л.М., Ефферин Я.Ю. и др. Атлас экономической специализации регионов России / под ред. Л.М. Гохберга, Е.С. Куценко; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2021. 264 с. ISBN 978-5-7598-2379-7.
2. Бакланов П.Я., Мошков А.В. Пространственная дифференциация структуры экономики регионов арктической зоны России // Экономика региона. 2015. № 1. С. 53–63.
3. Басовская Е.Н. Отраслевая структура занятости и факторы структурных сдвигов в экономике современной России // Научные исследования и разработки. Экономика. 2021. Т. 9, № 3. С. 18–21. doi: 10.12737/2587-9111-2021-9-3-18-21
4. Васильева А.А., Гурвич Е.Т. Отраслевая структура российской налоговой системы // Проблемы прогнозирования. 2005. № 3. С. 102–120.
5. Волкова А.Г. Отраслевая структура экономики как типологический признак // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. № 3. С. 52–67. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-4
6. Горкин А.П. Уровень постиндустриальности стран мира (концепции и оценки) // Известия РАН. Серия географическая. 2007. № 2. С. 9–18.
7. Долгова И.Н., Коровкин А.Г. Оценка взаимосвязи налоговой нагрузки и эффективности занятости населения в отраслях экономики и промышленности РФ // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2005. Т. 3. С. 440–470.
8. Доходы бюджета субъекта РФ // портал «Открытый бюджет Новосибирской области». URL: <https://openbudget.mfnso.ru/novosibirskaya-oblast-i-regioni-rossii/rejtingi-novosibirskoj-oblasti-sredi-regionov-rossii/rejting-sub-ektov-rf-po-dokhodam> (дата обращения 14.02.2024)
9. Кашенов А.В. Отраслевая структура занятости населения: методология и направления исследований // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 5–1. С. 24–33. URL: <https://vael.ru/ru/article/view?id=2170> (дата обращения: 08.02.2024)
10. Кузнецова О.В. Структура экономики российских регионов и уровень их социально-экономического развития // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. Т. 2018. С. 473–493. doi: 473-493.10.29003/m275.sp_ief_ras2018/473-493
11. Кузнецова О.В., Бабкин Р.А. Отраслевая структура экономики российских регионов как фактор их развития в 2020 г. // Федерализм. 2021. Т. 26, № 3 (103). С. 5–28. doi: 10.21686/2073-1051-2021-3-5-28
12. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст).
13. Общесоюзный классификатор «Отрасли народного хозяйства» (ОКОХ) (утв. Госкомстатом СССР, Госпланом СССР, Госстандартом СССР 01.01.1976).
14. Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://fedstat.ru/indicator/57711> (дата обращения 08.02.2024)
15. Отчет об исполнении бюджета Удмуртской Республики // официальный сайт Министерства финансов Удмуртской Республики. Электронный ресурс. URL: https://www.mfur.ru/budget/ispolnenie/otchet_ispolnenie/ (дата обращения 14.02.2024)
16. Отчет по форме 1-НОМ по состоянию на 01.01.2023, в разрезе субъектов Российской Федерации // официальный сайт Федеральной налоговой службы. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/related_activities/statistics_and_analytics/forms/11937656/ (дата обращения 08.02.2024)
17. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с.
18. Родионова И.А. Изменения в отраслевой структуре и пространственной организации промышленности мира // Известия Уральского гос. экон. ун-та (УРГЭУ). 2009. № 2 (24). С. 116–125.
19. Среднегодовая численность занятых в экономике // ЕМИСС. Государственная статистика. URL: <https://fedstat.ru/indicator/58994> (дата обращения 08.02.2024.)

Экономическая, социальная и политическая география

Кашин А.А.

References

1. Abashkin V. L., Goxberg L. M., Eferin Ya. Yu. i dr. Atlas ekonomicheskoy specializacii regionov Rossii [Atlas of economic specialization of Russian regions]. Moscow, NIU VShE, 2021, 264 p. ISBN 978-5-7598-2379-7.
2. Baklanov P.Y., Moshkov A.V. Spatial differentiation of the economic structure of the regions of the Russian Arctic zone. *Ekonomika regiona* [The economy of the region], 20156 no 1, p. 53-63 (in Russian).
3. Basovskaya E.N. The sectoral structure of employment and the factors of structural shifts in the economy of modern Russia. *Nauchny'e issledovaniya i razrabotki. E'konomika* [Scientific research and development. Economy], 2021, Tom 9, no 3, p. 18-21. DOI: <https://doi.org/10.12737/2587-9111-2021-9-3-18-21> (in Russian).
4. Vasil'eva A.A., Gurchich E.T. The sectoral structure of the Russian tax system. *Problemy` prognozirovaniya* [Problems of forecasting], 2005, no 3, p. 102-120 (in Russian).
5. Volkova A.G. The sectoral structure of the economy as a typological feature. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Ser.: Estestvenny'e i medicinskie nauki* [Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant. Ser.: Natural and medical sciences], 2022, no 3, p. 52—67. doi:10.5922/gikbfu-2022-3-4 (in Russian).
6. Gorkin A.P. The postindustrial level of the countries of the world (concepts and assessments). *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya* [Izvestiya RAS. The series is geographical], 2007, no 2, p. 9-18 (in Russian).
7. Dolgova I.N., Korovkin A.G. Assessment of the relationship between the tax burden and the effectiveness of employment in the sectors of the economy and industry of the Russian Federation. *Nauchny'e trudy` : Institut narodnoozyajstvennogo prognozirovaniya RAN* [Scientific papers: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences], 2005, no 3, p. 440-470 (in Russian).
8. *Doxody` byudzhetna sub`ekta RF, portal «Otkry`tyj byudzhet Novosibirskoj oblasti»* [Budget revenues of the subject of the Russian Federation, portal "Open budget of the Novosibirsk region"]. Available at: <https://openbudget.mfnso.ru/novosibirskaya-oblast-i-regioni-rossii/rejtingi-novosibirskoj-oblasti-sredi-regionov-rossii/rejting-sub-ektov-rf-po-dokhodam> (Accessed 14 February 2024) (in Russian).
9. Kashapov A.V. Sectoral structure of employment: methodology and research directions. *Vestnik Altajskoj akademii e'konomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 2022, no 5-1, p. 24-33; Available at: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=2170> (Accessed 8 February 2024) (in Russian).
10. Kuznecova O.V. The structure of the economy of Russian regions and the level of their socio-economic development. *Nauchny'e trudy` : Institut narodnoozyajstvennogo prognozirovaniya RAN* [Scientific papers: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences], 2018, p. 473-493. DOI 473-493. 10.29003/m275.sp_ief_ras2018/473-493 (in Russian).
11. Kuznecova O.V., Babkin R.A. The sectoral structure of the economy of Russian regions as a factor of their development in 2020. *Federalizm* [Federalism], 2021, no 3 (103), p. 5—28. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2021-3-5-28> (in Russian).
12. The All-Russian classifier of types of economic activity (approved by Rosstandart Order No. 14-st dated 01/31/2014).
13. All-Union classifier of "Branches of the national economy" (OKONKh) (approved by the State Statistics Committee of the USSR, Gosplan of the USSR, Gosstandart of the USSR 01.01.1976).
14. Goods of own production were shipped, works and services were performed on their own. EMISS. *Gosudarstvennaya statistika* [EMISS. Government statistics]. Available at: <https://fedstat.ru/indicator/57711> (Accessed 8 February 2024) (in Russian).
15. Budget execution Report of the Udmurt Republic. *Oficial'ny`j sajt Ministerstva finansov Udmurtskoj Respubliki* [Official website of the Ministry of Finance of the Udmurt Republic]. Available at: https://www.mfur.ru/budjet/ispolnenie/otchet_ispolnenie/ (Accessed 14 February 2024) (in Russian).
16. Report on form 1 as of 01.01.2023, by subjects of the Russian Federation. *Oficial'ny`j sajt Federal'noj nalogovoj sluzhby`* [Official website of the Federal Tax Service]. (Accessed 8 February 2024) (in Russian).
17. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2023: Stat. sat. Rosstat [Rosstat]. Moscow, 2023, 1126 p.
18. Rodionova I.A. Changes in the sectoral structure and spatial organization of the world's industry. *Izvestiya Ural'skogo gos. e'kon. un-ta (URGE`U)* [Izvestia of the Ural State Economic University. un-t (USUE)], 2009, no 2 (24), p. 116-125.) (in Russian).
19. The average annual number of people employed in the economy. EMISS. *Gosudarstvennaya statistika* [EMISS. Government statistics]. Available at: <https://fedstat.ru/indicator/58994> (Accessed 8 February 2024) (in Russian).

Статья поступила в редакцию: 16.05.24, одобрена после рецензирования: 11.09.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 16 May 2024; approved after review: 11 September 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Алексей Александрович Кашин

кандидат географических наук, доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики, директор Института естественных наук Удмуртский государственный университет; 426034, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Университетская, 1

Information about the author

Alexey A. Kashin

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

e-mail: kashin.alexey@mail.ru

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

Научная статья

УДК 314.18

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-79-90

ДИНАМИКА ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Наталья Робертовна Зангеева¹, Валентин Сергеевич Батомункуев², Айлана Дабаевна Ульзетуева³

^{1,2,3} Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

¹ zangeeva@binm.ru, Scopus Author ID: 57211213612, AuthorID РИНЦ: 532506

² bvalentins@binm.ru, Scopus Author ID: 57205166284, AuthorID РИНЦ: 155404

³ ailana163u@binm.ru, AuthorID РИНЦ: 1234435

Аннотация. Демографический фактор является первостепенным в обеспечении стабильного и безопасного развития. Неравномерное размещение, слабая заселенность, депопуляция и миграция являются ключевыми проблемами в пространственном развитии страны. С этой позиции особое внимание заслуживает азиатская часть России – стратегический макрорегион, имеющий огромный пространственный, природно-ресурсный потенциал, занимающий особое геополитическое положение и характеризующийся низкой плотностью населения.

Актуальность настоящего исследования связана с возрастающей ролью демографических вызовов в социально-экономическом развитии региона, требующих комплексного анализа в поиске ответа. В статье проводится анализ основных демографических процессов – рождаемости, смертности и миграции в разрезе регионов азиатской части России. Изучение этих процессов, их динамики, тенденций и факторов ориентировано на анализ современной демографической ситуации в регионе.

Ключевые слова: демографическая ситуация, пространственное развитие, динамика демографических процессов, рождаемость, смертность, миграция, регионы, Азиатская Россия

Финансирование. Работа выполнена в рамках бюджетного проекта БИП СО РАН № 122021800169-0.

Для цитирования: Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д. Динамика демографического развития регионов азиатской части России // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 79–90. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-79-90

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-79-90

DEMOGRAPHIC SITUATION DYNAMICS IN THE REGIONS OF THE ASIAN PART OF RUSSIA

Natalia R. Zangeeva¹, Valentin S. Batomunkuev², Ailana D. Ulzetueva³

^{1,2,3} Baikal Institute of Nature Management, SB RAS, Ulan-Ude, Russia

¹ zangeeva@binm.ru, Scopus Author ID: 57211213612, AuthorID (RSCI): 532506

² bvalentins@binm.ru, Scopus Author ID: 57205166284, AuthorID (RSCI): 155404

³ ailana163u@binm.ru, AuthorID (RSCI): 1234435

Abstract. The demographic factor is paramount in ensuring stable and secure development. Non-uniform distribution of the population, low population density, depopulation, and migration are key issues in the spatial development of the country. From this standpoint, of particular interest is the Asian part of Russia, a strategic macro-region with a vast spatial and natural-resource potential, occupying a special geopolitical position and characterized by low population density.

The relevance of this study is associated with the increasing role of demographic challenges in the socio-economic development of the region, requiring a comprehensive analysis to find solutions. The article analyzes the main demographic processes in the regions of the Asian part of Russia: – birth rate, mortality, and migration. The study of these processes, their dynamics, trends, and factors, is aimed at analyzing the current demographic situation in the region.

Keywords: demographic situation, spatial development, demographic processes dynamics, birth rate, mortality, migration, regions, Asian Russia

Funding. The work was carried out as part of budget project of the Baikal Institute of Nature Management SB RAS No. 122021800169-0.

For citation: Zangeeva, N.R., Batomunkuev, V.S., Ulzetueva, A.D. (2024) Demographic situation dynamics in the regions of the Asian part of Russia. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 79–90. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-79-90

Введение

С учетом современных вызовов и для определения ориентиров пространственного развития Азиатской России, безусловно особое значение имеет анализ демографических процессов и актуализация демографической ситуации в регионе.

Цель работы заключается в анализе процессов демографического развития – рождаемости, смертности, миграции в регионах азиатской части России. Полученные данные свидетельствуют о негативной динамике текущей демографической ситуации в регионе.



Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

Для решения задачи исследования собраны материалы, проведен анализ динамики демографической ситуации в регионе, рассмотрены предложения по стабилизации демографического развития.

Материалы и методы

Население выступает главным системообразующим фактором пространственного развития, так как обеспечивает связь, равновесие и устойчивость. Население снабжает экономику и социальную сферу трудовыми ресурсами, является потребителем благ и услуг, создаваемых в них, выступает хранителем и транзитером культурных ценностей [18].

Основными параметрами характеристики населения являются различные демографические процессы, основные из них: рождаемость, смертность, миграция, брачность, разводимость и др. Среди комплексных подходов исследования чаще всего используют анализ демографической ситуации.

Демографическая ситуация по определению – это состояние демографических процессов, состава и размещения населения в определенное время в стране или отдельном регионе [19]. Для анализа демографической ситуации в зависимости от цели используют различные наборы демографических показателей, которые могут с разной степенью отражать демографические изменения [8]. В рамках исследования азиатской части России для анализа демографической ситуации в регионе мы опираемся на такие параметры: рождаемость, смертность и миграцию, наглядно отражающие современные демографические проблемы пространственного развития.

При анализе авторы опирались на данные Федеральной службы государственной статистики за 1991–2022 гг. Основной анализ охватывает тридцатилетний период – от начала демографического кризиса 90-х гг. до начала нового 2020-х гг.

Результаты исследования

Переходя непосредственно к объекту исследования, следует отметить, что географически по площади Азиатская Россия – это крупнейший макрорегион нашей страны (77 % территории), обладающий огромным природно-ресурсным потенциалом. В отличие от европейской части России, азиатская часть менее освоена, что в современной геополитической ситуации является существенным вызовом в пространственном развитии. Имеющийся природно-ресурсный потенциал – это основа экономического развития страны [1; 3; 7; 19], но ключом освоения является население.

В регионах азиатской части России проживает только четверть (25,4 %) от общей численности населения России. По численности населения регионы неоднородны [3; 4] – от 4 млн человек в Свердловской области до 49 тыс. в Чукотском автономном округе.

По основным демографическим параметрам анализа демографической ситуации в рассматриваемой макрорегиональной структуре идет сокращение уровня рождаемости во всех федеральных округах и субъектах.

Началом интенсивного сокращения рождаемости стали 90-е гг. XX в. Этот период как для России в целом, так и для азиатской части, по оценкам демографов, является периодом беспрецедентной потери человеческих ресурсов [2]. В результате смены политического режима (развала СССР) и последовавшего за ним экономического спада (со всеми вытекающими последствиями) суммарный коэффициент рождаемости в макрорегионе существенно снизился. К началу 2000-х гг. численность населения в азиатской части России сократилась на 3,5 %. Общее снижение рождаемости произошло во многих регионах также в результате демографического перехода. Относительно высокие показатели рождаемости сохранились преимущественно в субъектах с традиционным типом воспроизводства, таких как Республика Тыва, Республика Бурятия, Республика Саха (Якутия), Республика Алтай, Чукотский автономный округ. В современной демографической ситуации самый высокий общий коэффициент рождаемости в Азиатской России на 2021 г. составил 19,9 ‰ в Республике Тыва, самый низкий в Кемеровской области – 8,2 ‰ (Рис1–3) [11; 13–16].

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

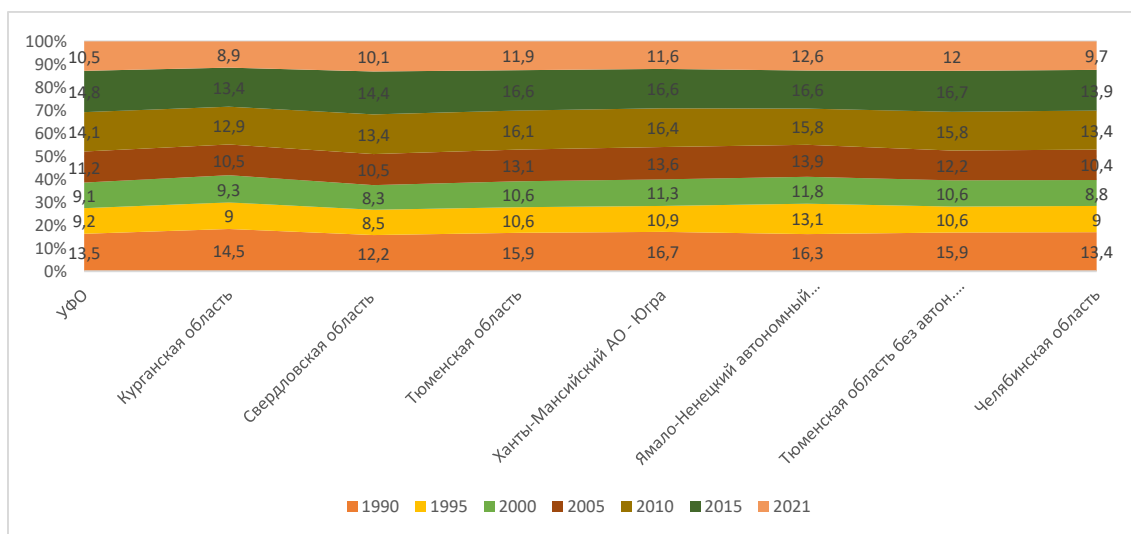


Рис. 1. Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 чел. населения) по субъектам УФО за 1990–2021 гг.
Fig. 1. Total birth rate (number of births per 1,000 people) by entities of the Ural Federal District of the Russian Federation for 1990–2021

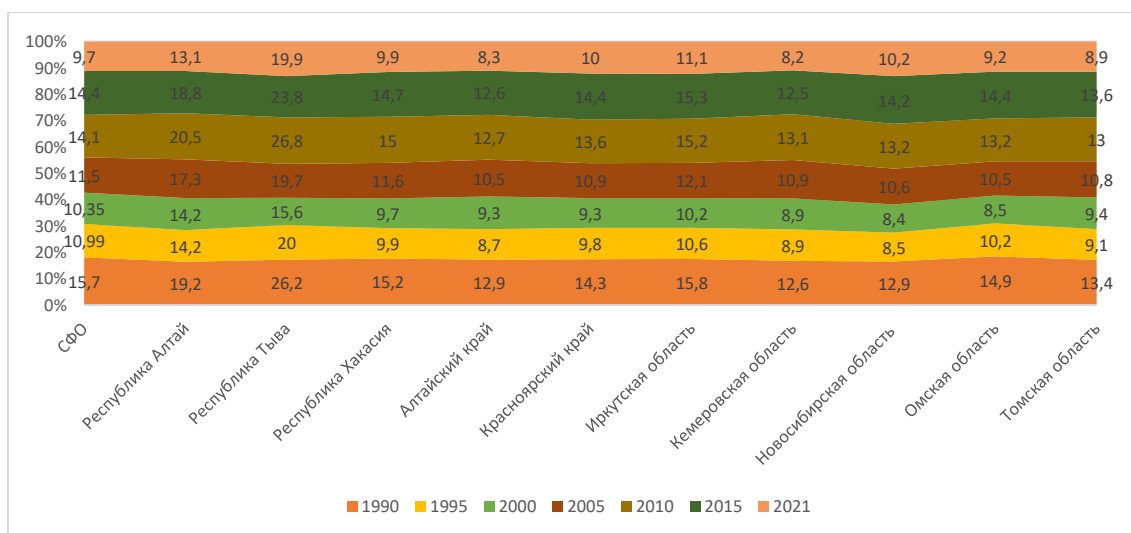


Рис. 2. Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 чел.) по субъектам СФО за 1990–2021 гг.
Fig. 2. Total birth rate (number of births per 1,000 people) by entities of the Siberian Federal District for 1990–2021

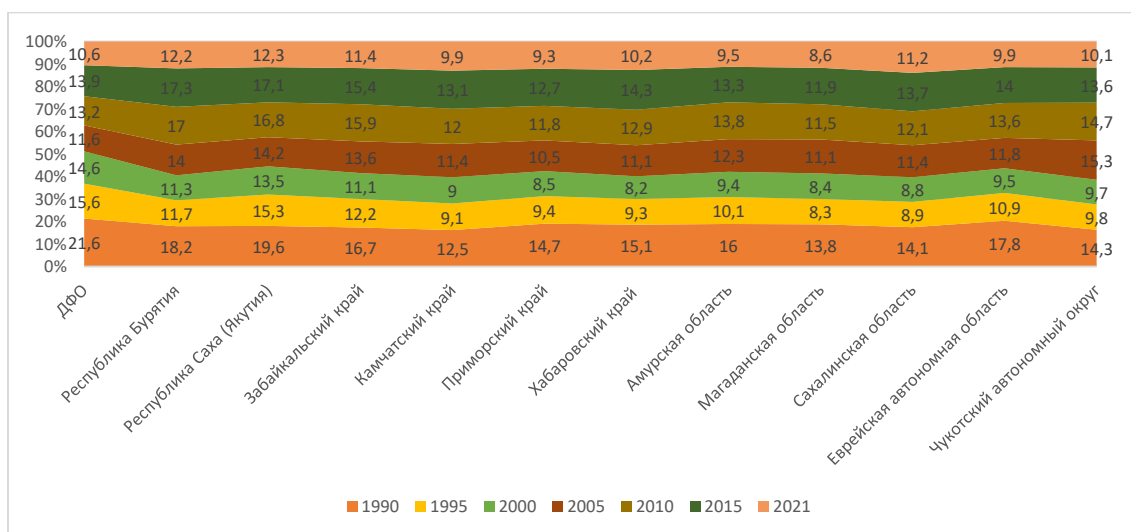


Рис. 3. Общий коэффициент рождаемости (число родившихся на 1000 чел.) по субъектам ДФО за 1990–2021 гг.
Fig. 3. Total birth rate (number of births per 1,000 people) by entities of the Far Eastern Federal District for 1990–2021

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

На фоне низкой рождаемости следует отметить нарастающую интенсивность старения населения, связанную с изменением возрастной структуры населения (Рис4). Для сравнения был взят двадцатилетний период (2002–2022 гг.), наиболее наглядно демонстрирующий возрастную динамику.

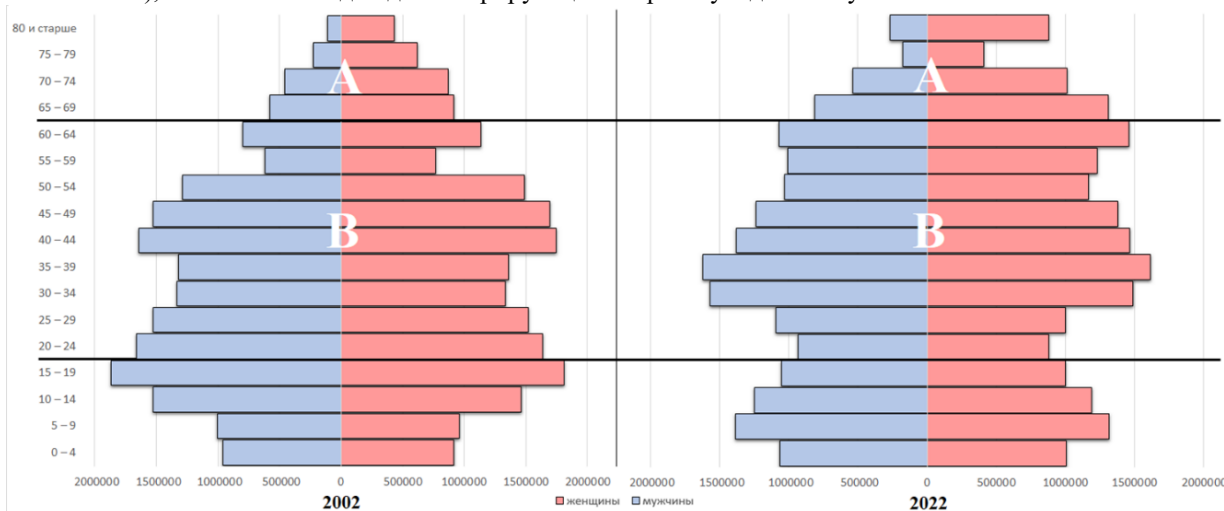


Рис. 4. Половозрастная пирамида населения Азиатской России 2002, 2022 гг.
Fig. 4. Population pyramid of Asian Russia for 2002 and 2022

Как видим доля молодежной рабочей силы в общей численности населения продолжает снижаться, а доля лиц в возрасте 65 лет и старше увеличивается. Так, в 2002 г. этот показатель составлял 10,2 %, а в 2022 г. – 14,3 % [13–16; 22; 23]. В результате демографического старения наиболее остро стоит проблема в регионах нехватки трудовых ресурсов и увеличения социальных расходов.

В разрезе регионов Азиатской России самым старым регионом является Курганская область, где смертность значительно превышает рождаемость и отмечается большой отток трудоспособного населения в результате разницы доходов в Свердловскую и Тюменскую области (рис. 5–6). Наиболее молодыми регионами можно назвать Ямало-Ненецкий автономный округ и Республику Тыва.

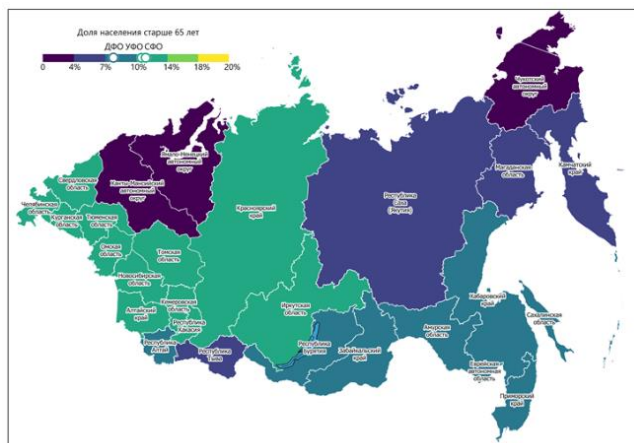


Рис. 5. Доля старших возрастных групп населения Азиатской России 2002 г.
Fig. 5. Share of older age groups in the population of Asian Russia, 2002

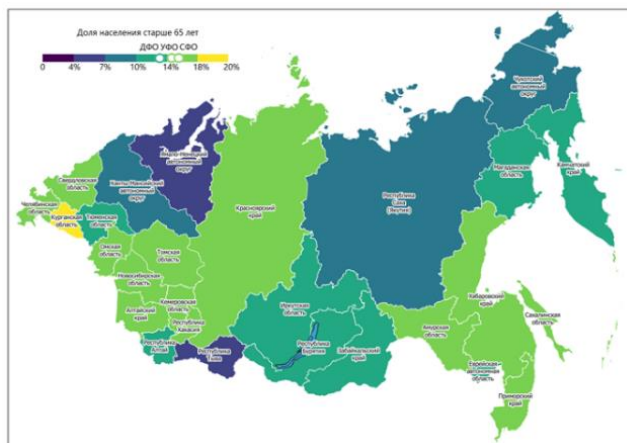


Рис. 6. Доля старших возрастных групп населения Азиатской России 2022 г.
Fig. 6. Share of older age groups in the population of Asian Russia, 2022

Изменение возрастной структуры в сторону преобладания возрастного населения увеличивает смертность населения. В России коэффициент смертности составил 16,7 % на 2021 г., по азиатской части России – 16,1 %. Самый высокий уровень смертности в Курганской области – 20,4 %, самый низкий в Ямало-Ненецком автономном округе – 6,3 % на 2021 г. (Рис7–9) [22, 23].

Экономическая, социальная и политическая география
 Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

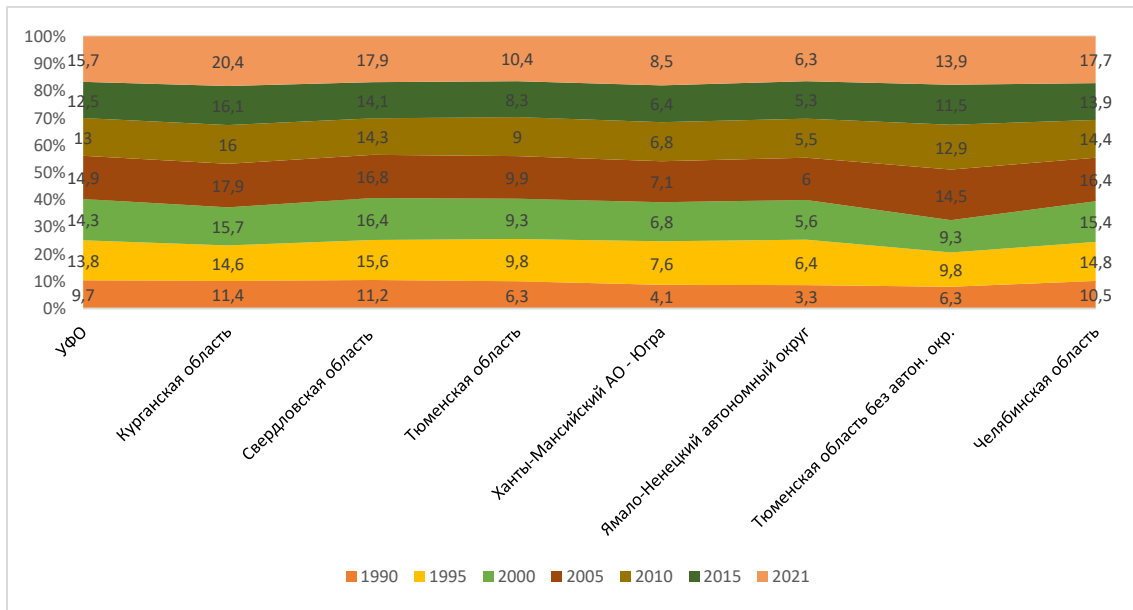


Рис. 7. Общий коэффициент смертности (число умерших на 1000 чел. населения) по субъектам УФО за 1990–2021 гг.

Fig. 7. Total mortality rate (number of deaths per 1,000 people) by entities of the Ural Federal District for 1990–2021

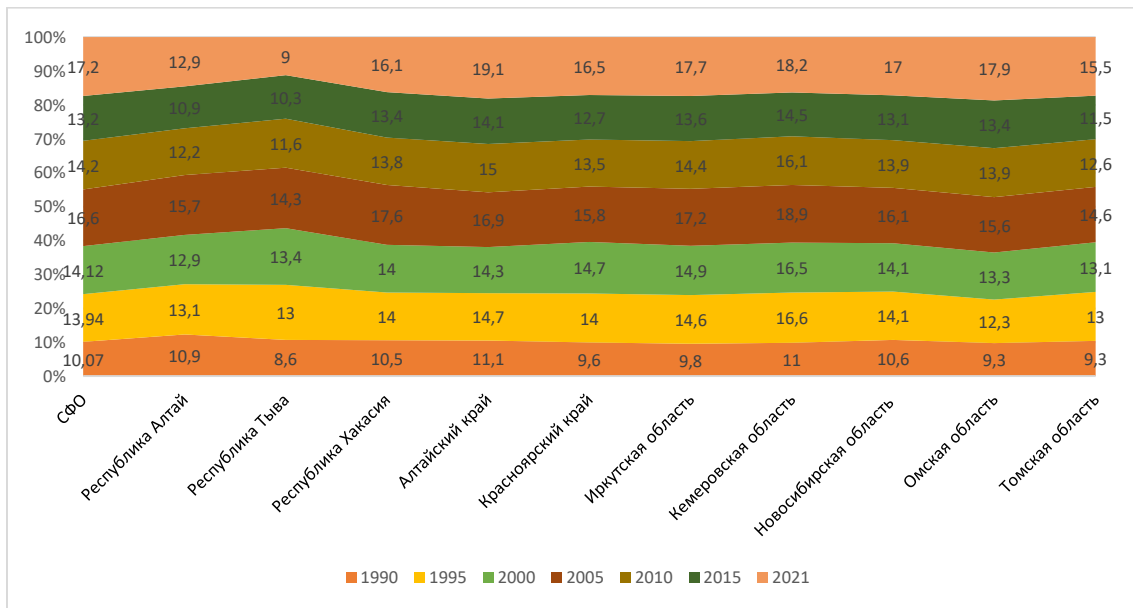


Рис. 8. Общий коэффициент смертности (число умерших на 1000 чел. населения) по субъектам СФО за 1990–2021 гг.

Fig. 8. Total mortality rate (number of deaths per 1,000 people) by entities of the Siberian Federal District for 1990–2021

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

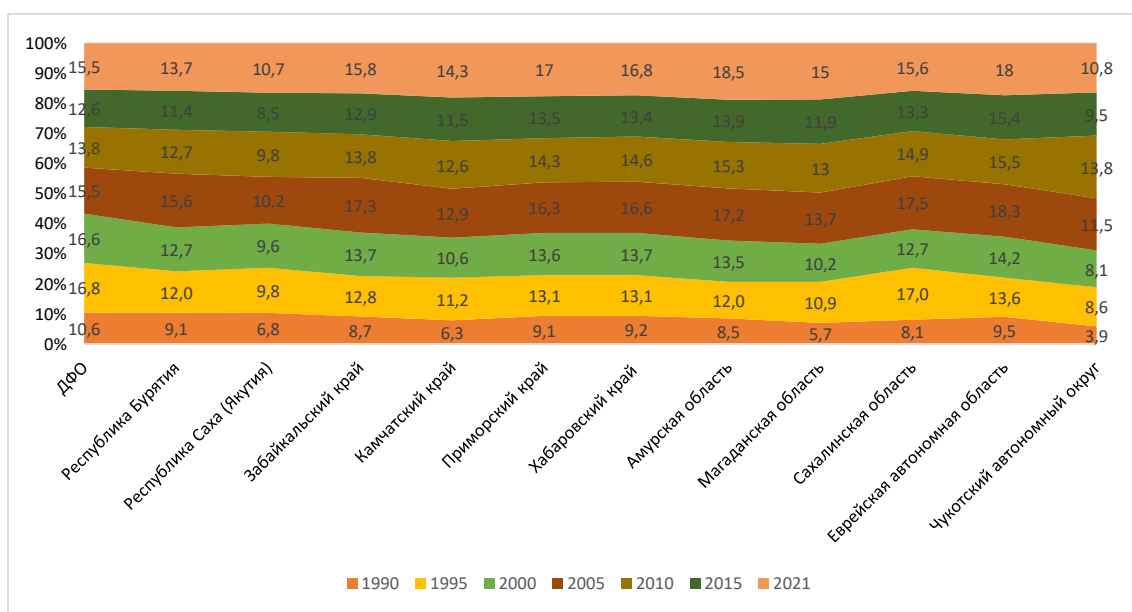


Рис. 9. Общий коэффициент смертности по регионам ДФО за 1990–2021 гг.
Fig. 9. Total mortality rate by regions of the Far Eastern Federal District for 1990–2021

По соотношению миграционного и естественного прироста (убыли) населения за последние 30 лет следует отметить сокращение численности населения в результате естественной убыли. С 1992 по 2009 год естественная убыль составила суммарно около 2,1 млн человек (демографический кризис 90-х гг.). С 2010 по 2016 год естественный прирост был выше, чем миграционный прирост, за счет увеличения коэффициента рождаемости населения. А с 2017 года динамика естественного прироста показывает нарастающее отрицательное значение, обусловленное современным демографическим кризисом (рис. 10) [20; 21].



Рис. 10. Соотношение миграционного и естественного прироста / убыли населения за 30 лет в Азиатской России
Fig. 10. Ratio between migration and natural population increase / decline over 30 years in Asian Russia

На сегодняшний день в разрезе по федеральным округам положительный миграционный прирост отмечается преимущественно в экономически развитых, а также в ресурсно-добывающих субъектах: Тюменской области, Ханты-Мансийском АО-Югра, Ямало-Ненецком АО, Новосибирской области, Томской области, Красноярском крае, Республике Саха (Якутия). Большой миграционный отток отмечается в регионах Дальнего Востока, особенно в экономически слабых регионах, занимающих приграничное положение: Республике Тыва, Забайкальском крае, Амурской и Еврейской автономной областях (Рис 11–13).

Миграция не может в достаточной мере компенсировать убыль населения из-за низкой рождаемости, высокой смертности и оттока населения в соседние развитые регионы. Этот фактор становится существенным сдерживающим фактором темпов роста экономики отдельных отраслей, а также в целом региональной и национальной экономики [8, 13–17].

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

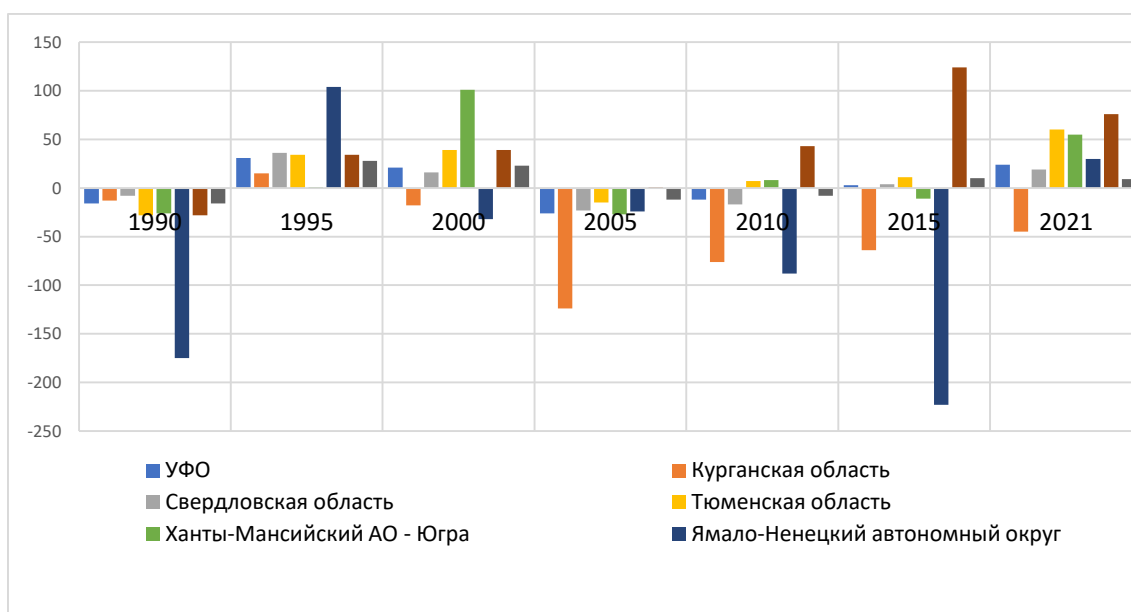


Рис. 11. Коэффициент миграционного прироста по регионам УФО за 1990–2021 гг.
Fig. 11. Migration growth rate coefficient by regions of the Ural Federal District for 1990–2021

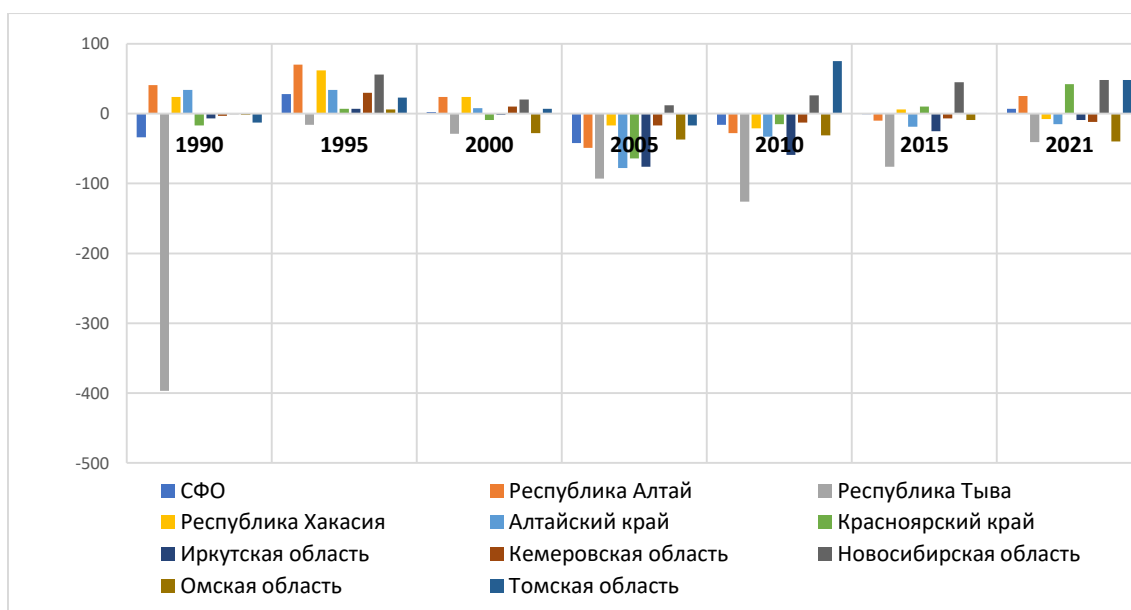


Рис. 12. Коэффициент миграционного прироста по регионам СФО за 1990–2021 гг.
Fig. 12. Migration growth rate coefficient by regions of the Siberian Federal District for 1990–2021

Отдельного рассмотрения заслуживает динамика демографической ситуации в регионах Дальнего Востока, которая отражает масштабы политических перемен. До начала 90-х гг. отмечалось интенсивное экономическое развитие, что обеспечивало рост численности населения. Так, за период с 1959 по 1990 г. численность населения в регионе превышала в 3 раза численность населения европейской части России, что составляло 66,4 % [0; 5]. При этом за последние 30 лет численность населения резко сократилась почти на 22 %, а в европейской части она практически не изменилась [13–17].

В настоящее время социально-экономическое положение в регионах Дальневосточного федерального округа остается трудным. Миграционная подвижность населения региона является одной из высоких в стране. Объем миграции за последние десять лет в среднем в год составил 8,9 % от общей численности населения округа [9; 10] (рис. 13).

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

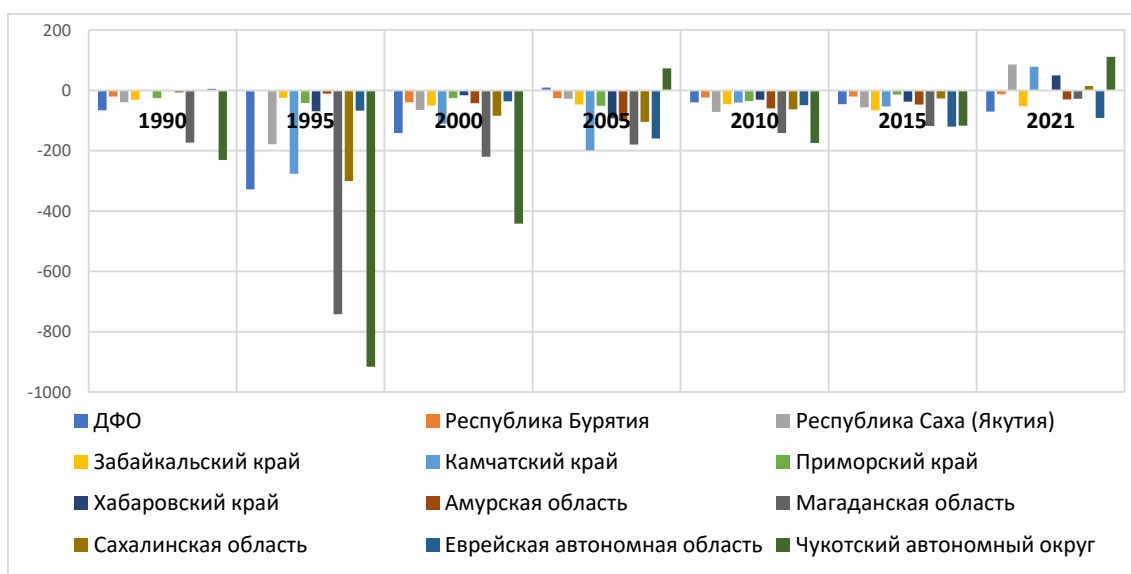


Рис. 13. Коэффициент миграционного прироста по регионам ДФО за 1990–2021 гг.
Fig. 13. Migration growth rate coefficient by regions of the Far Eastern Federal District for 1990–2021

Во многих регионах азиатской части России отмечается значительное сокращение численности населения. В демографии чрезмерно высокими темпами сокращения численности населения считаются уже более 0,5 % в год [13–17] (табл. 1).

Среди рассматриваемых регионов с 1990 по 2021 г. население увеличилось лишь на 13,7 % площади азиатской части России (в Тюменской, Новосибирской областях, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах, Республиках Алтай и Тыва), на большей территории произошло сокращение, превышающее более 1 % в год, что является свидетельством «вымирания» обширных территорий. Наибольшему сокращению в разрезе федеральных округов подвергся Дальневосточный федеральный округ, где уровень сокращения за рассматриваемый период составил 23 %, затем Сибирский федеральный округ – 10 % и Уральский федеральный округ – 3,5 % (Таблица 1).

Таблица 1

Изменение численности населения по регионам Азиатской России, 1990–2021 гг., тыс. чел. [10; 14]
Population change by regions of Asian Russia, 1990–2021, thousand people [10; 14]

	1990 г.	2021 г.	Разница, к 1990 г. в %	2022 г.	Разница, к 2021 г. в %
РФ	148274	147 182	-0,7	146980	-0,1
УФО	12748	12 295	-3,5	12285	-0,09
Курганская область	1105	806	-27	804	-0,25
Свердловская область	4767	4 264	-10,5	4239	-0,59
Тюменская область	3170	3 806	20	3827	-0,55
в том числе:					
Ханты-Мансийский АО - Югра	1280	1 702	33	1730	1,64
Ямало-Ненецкий автономный округ	489	510	4,2	512	0,39
Тюменская область без автон. окр.	3706	1 552	-58	1552	0
Челябинская область	21141	3 419	-84	3416	-0,08
СФО	18703	16 890	-10	16758	0,78
Республика Алтай	196	222	13	210	13,2
Республика Тыва	304	333	9,53	337	1,2
Республика Хакасия	573	529	-8	528	-7,6
Алтайский край	2654	2 268	-14,5	2130	-6,08
Красноярский край	3163	2 849	-9,9	2849	0
Иркутская область	2925	2 357	-19,4	2344	-0,55
Кемеровская область	3100	2 604	-16	2568	-1,38
Новосибирская область	2745	2 780	1	2780	1,27
Омская область	2161	1 880	-13	1851	-1,54
Томская область	1078	1 068	-1	1062	-0,56
ДФО	10543	8 091	-23	7902	-2,3
Республика Бурятия	1052	983	-6,55	977	-0,61

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

Окончание табл. 1

	1990 г.	2021 г.	Разница, к 1990 г. в %	2022 г.	Разница, 2022 к 2021 г. в %
Республика Саха (Якутия)	1119	992	-11	992	0
Забайкальский край	1389	1 043	-25	992	-4,8
Камчатский край	517	313	-39	288	-7,9
Приморский край	2310	1 863	-19	1820	-2,3
Хабаровский край	1625	1 299	-20	1295	-0,3
Амурская область	1054	773	-27	771	0,25
Магаданская область	385	137	-64	137	0
Сахалинская область	715	484	-32	484	0
Еврейская автономная область	219	154	-30	147	-4,5
Чукотский автономный округ	158	50	-68%	47	-6

На основе данных государственной статистики проведена группировка регионов Азиатской России по степени влияния показателя естественного прироста и миграции. Так, за последние 15 лет произошли значительные демографические изменения численности населения в регионе. Основным эпицентром сокращения стали преимущественно регионы Дальнего Востока (табл. 2–4, [13–17]).

Таблица 2

Группировка субъектов Азиатской России по степени влияния показателей естественного движения на изменение численности населения в 2008, 2015, 2022 гг. [02]

Grouping of entities of Asian Russia according to the influence of vital statistics on population change in 2008, 2015, 2022 [02]

Годы	2008	2015	2022
<i>Число субъектов АР, в которых население сократилось за счет:</i>			
естественной убыли и миграционного оттока населения	1. Алтайский край 2. Приморский край 3. Амурская область 4. Иркутская область 5. Магаданская область 6. Омская область 7. Сахалинская область	1. Алтайский край 2. Приморский край 3. Амурская область 4. Кемеровская область 5. Курганская область 6. Еврейская авт. область	1. Республика Бурятия 2. Республика Хакасия 3. Алтайский край 4. Забайкальский край 5. Приморский край 6. Камчатский край 7. Хабаровский край 8. Амурская область 9. Иркутская область 10. Кемеровская область 11. Курганская область 12. Магаданская область 13. Омская область 14. Свердловская область 15. Сахалинская область 16. Томская область 17. Еврейская авт. область
превышения естественной убыли над миграционным приростом	1. Красноярский край 2. Хабаровский край 3. Кемеровская область 4. Курганская область 5. Свердловская область 6. Челябинская область 7. Еврейская автономная область	-	1. Красноярский край 2. Новосибирская область 3. Челябинская область
превышения миграционного оттока над естественным приростом	1. Республика Саха (Якутия) 2. Забайкальский край 3. Камчатский край 4. Чукотский автономный округ	1. Забайкальский край 2. Камчатский край 3. Хабаровский край 4. Иркутская область 5. Магаданская область 6. Сахалинская область 7. Чукотский авт. округ 8. Ямало-Ненецкий авт. округ	1. Республики Алтай 2. Республика Саха (Якутия) 3. Ненецкий авт. округ 4. Чукотский авт. округ

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

Окончание табл. 2

Годы	2008	2015	2022
<i>Число субъектов АР, в которых население увеличилось за счет:</i>			
естественного и миграционного приростов	1. Республика Алтай 2. Республика Хакасия 3. Тюменская область 4. Ханты-Мансийский - Югра автономный округ	1. Республика Хакасия 2. Красноярский край 3. Новосибирская область 4. Свердловская область 5. Томская область 6. Тюменская обл. (без авт. округов) 7. Челябинская область 8. Ненецкий автономный округ	1. Ханты-Мансийский авт. округ-Югра 2. Тюменская область (без авт. округов)
превышения естественного прироста над миграционным оттоком	1. Республики Бурятия 2. Тыва 3. Ненецкий авт. округ 4. Ямало-Ненецкий авт. округ	1. Республики Алтай 2. Республика Бурятия 3. Республика Саха (Якутия) 4. Республика Тыва 5. Омская область 6. Ханты-Мансийский - Югра авт. округ	1. Республика Тыва 2. Ямало-Ненецкий авт. округ
превышения миграционного прироста над естественной убылью	-	-	-

Таким образом, результаты исследования еще раз подтверждают, что демографическая ситуация в азиатской части России крайне неблагоприятна и требует комплексных решений по стабилизации численности населения. Существуют различные варианты решения, основные из них: сокращение оттока населения в развитые регионы и центры; высокое развитие экономики и инфраструктуры, в т.ч. транспортной; создание дополнительных точек роста в регионе; реализация стимулирующих программ по повышению качества жизни, способствующих увеличению рождаемости и снижению смертности в регионе и т.д.

Многие из этих мер входят в содержание различного уровня документов по стратегическому развитию, но, к сожалению, пока нет качественных положительных результатов [4, 24], т.к. многое из вышеперечисленного еще не реализовано. Тем не менее не следует забывать, что национальное демографическое благополучие в новых усложняющихся условиях зависит от тщательного долгосрочного планирования, от продуманной демографической политики для всех участников сложившейся системы расселения различных территориальных уровней.

Библиографический список

1. Батомункуев В.С., Гомбоев Б.О., Зангеева Н.Р. [и др.] Оценка и прогноз пространственного развития Азиатской России и её частей в меняющихся природных, экономических и социальных условиях // Тенденции пространственного развития современной России и приоритеты его регулирования: материалы Международной научной конференции (XIII Ежегодная научная Ассамблея АРГО), Тюмень, 12–17 сентября 2022 года. Тюмень: ТюмГУ-Press, 2022. С. 22–26.
2. Вишневецкий А. «Демографический след войны» // «Демоскоп Weekly». Электронный бюллетень Института демографии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». 2016. 6–30 июня (№ 689-690). URL: <http://www.demoscope.ru> (дата обращения: 10.04.2024)
3. Демографический прогноз до 2035 года / Росстат. М., 2020. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 10.04.2024)
4. Дружинин А.Г., Кузнецова О.В. Стратегия пространственного развития России: векторы обновления // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 1 (68). С. 15–26. doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-15-26
5. Еришов Ю.С., Тарасова О.В. Азиатская Россия – основные противоречия современного развития // Регион: экономика и социология. 2020. № 8. С. 8–30. doi: 10.30680/ЕСО0131-7652-2020-8-8-30
6. Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Аюшеева В.Г. Анализ пространственного развития урбанизации регионов Азиатской России // Тихоокеанская география. 2021. № 1 (5). С. 42–48. doi: 10.35735/tig.2021.5.1.004. EDN ALWJST.
7. Крюков В.А., Сулов Н.И., Ягольницер М.А. Об основах развития экономики Азиатской России // ЭКО. 2022. № 1 (571). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-osnovah-razvitiya-ekonomiki-aziatskoj-rossii> (дата обращения: 10.04.2024)
8. Миграционный прирост населения регионов-субъектов Российской Федерации по отдельным потокам миграции, по данным за январь-декабрь 2022 года, на 1000 человек постоянного населения: статистический бюллетень, Москва, 2023 г. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/bul-migr20.xlsx> (дата обращения: 23.04.2023)
9. Отчет о научно-исследовательской работе лаборатории геостратегических исследований и пространственного развития БИП СО РАН № FWSU-2019-0001 «Роль Азиатской России и сопредельных территорий в пространственном развитии страны в современных геополитических условиях» (заключительный). Улан-Удэ, 2021.
10. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2022 г. и в среднем за 2021 г. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 14.04.2024)
11. Правительство Тувы утвердило доклад «О состоянии здоровья населения» / Официальный портал Республики Тыва. 2023. URL: https://tyva.ru/press_center/news/health/52454/ (дата обращения: 15.11.2023)

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

12. Практическая демография / под ред. Л.Л. Рыбаковского. М.: ЦСП, 2005. 280 с.
13. Регионы России – 2002. Социально-экономические показатели: статистический сборник. М.: Госкомстат России, 2002. URL: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm (дата обращения: 15.11.2023).
14. Регионы России – 2005. Социально-экономические показатели: статистический сборник. URL: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm (дата обращения: 15.11.2023)
15. Регионы России – 2008. Социально-экономические показатели: статистический сборник. URL: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm (дата обращения: 15.11.2023)
16. Регионы России – 2015. Социально-экономические показатели: статистический сборник. URL: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm (дата обращения: 15.11.2023).
17. Регионы России – 2021. Социально-экономические показатели: статистический сборник. М.: Росстат России, 2021. 1112 с. (дата обращения: 15.11.2023)
18. Родионова Л.В. Демографические ограничения устойчивого развития агропромышленных регионов / под ред. Л.В. Родионова // Экономика. Профессия. Бизнес. 2020. № 1. С. 89–94. doi: 10.14258/epb201964
19. Сибирь в первые десятилетия XXI века: монография / отв. ред. В.В. Кулешов. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2008. 788 с.
20. Симагин Ю.А. Влияние уровня экономического развития на численность населения регионов России // Экономика. Налоги. Право. 2017. Т. 10, № 4. С. 49–55.
21. Социальная политика, уровень и качество жизни: словарь. М.: ВЦУЖ, 2001. С. 41.
22. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2022 года: статистический бюллетень, Москва, 2023 г. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf (дата обращения: 02.02.2023 г.)
23. Численность населения Российской Федерации по полу и возрасту на 1 января 2002 года: статистический бюллетень. М., 2003. URL: http://www.perepis2002.ru/ct/html/TOM_02_02_0.htm (дата обращения: 02.02.2023 г.)
24. Ткаченко А.А. Стратегия пространственного развития России до 2025 года и приоритеты регионального развития // Россия: тенденции и перспективы развития: ежегодник, Курск, 05–06 июня 2020 года. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2020. С. 158–162.

References

1. Batomunkuev V. S., Gomboev B. O., Zangeeva N. R. [et.]. (2022). *Assessment and forecast of the spatial development of Asian Russia and its parts in changing natural, economic and social conditions*. Trends in the spatial development of modern Russia and priorities for its regulation: materials of the International Scientific Conference (XIII Annual Scientific Assembly ARGO), Tyumen, September 12–17, 2022 of the year. Tyumen: Tyumen State University-Press, Pp. 22-26.
2. Vishnevsky A. *Demographic trace of the war*. Demoscope Weekly, Electronic bulletin of the Institute of Demography of the National Research University “Higher School of Economics”. 2016. June 6-30 (No. 689-690), available at: <https://demoscope.ru> (Accessed 11 March 2024).
3. Demographic forecast until 2035 / Rosstat. M., 2020: [Electronic resource] available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> 11.12.2023
4. Druzhinin A.G., Kuznetsova O.V. (2024). Strategy for spatial development of Russia: vectors of renewal *Geographical Bulletin = Geographical bulletin*. No. 1(68). pp. 15–26. doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-15-26.
5. Ershov Yu.S., Tarasova O.V. (2020). Asian Russia – the main contradictions of modern development // *Region: economics and sociology*. No. 8. P. 8 – 30. DOI: 10.30680/ECO0131–7652–2020–8–8–30.
6. Zangeeva N. R., Batomunkuev V. S., Ayusheeva V.G (2021). Analysis of spatial development of urbanization of regions of Asian Russia *Pacific Geography*. No. 1(5). pp. 42-48. doi 10.35735/tig.2021.5.1.004. – EDN ALWJST.
7. Kryukov V.A., Suslov N.L., Yagolnits M.A. (2022). About the foundations of Economic development in Asian Russia *ECO*. No. 1 (571). [Electronic resource] available at: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-osnovah-razvitiya-ekonomiki-aziatskoy-rossii> (accessed: 04.10.2024).
8. Migration growth of the population of the regions of the Russian Federation by individual migration flows, according to data for January-December 2022, per 1000 permanent population: statistical bulletin, Moscow, 2023 [Electronic resource] available at: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/bul-migr20.xlsx> (accessed: 04.23.2023)
9. Research report on the laboratory of geostrategic research and spatial development of the BIP SB RAS No. FWSU-2019-0001 “The role of Asian Russia and adjacent territories in the spatial development of the country in modern geopolitical conditions” (final), Ulan-Ude, 2021.
10. *Estimation of the resident population as of January 1, 2022 and on average for 2021* [El. resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (date of access: 04/14/2024)
11. The Government of Tuva approved the report “On the state of health of the population” [Electronic resource] available at: URL: https://rtyva.ru/press_center/news/health/52454/ (accessed: 11.12.2023).
12. *Practical demography* (2005), ed. L.L. Rybakovsky. M.: TsSP, 280 p.
13. *Regions of Russia - 2002*. Socio-economic indicators: statistical collection. M.: Goskomstat of Russia, 2002. [Electronic resource] (date of access: November 15, 2023).
14. *Regions of Russia - 2005*. Socio-economic indicators: statistical collection. [Electronic resource] available at: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm. (accessed: 11.12.2023).
15. *Regions of Russia - 2008*. Socio-economic indicators: statistical collection. [Electronic resource] available at: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm. (accessed: 11.12.2023).
16. *Regions of Russia - 2015*. Socio-economic indicators: statistical collection. [Electronic resource] available at: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm. (accessed: 11.12.2023).
17. *Regions of Russia - 2021*. Socio-economic indicators: statistical collection. M.: Rosstat of Russia, 2021. – 1112 p. [Electronic resource] available at: https://gks.ru/bgd/regl/B03_14/Main.htm. (accessed: 11.12.2023).

Экономическая, социальная и политическая география
Зангеева Н.Р., Батомункуев В.С., Ульзетуева А.Д.

18. Rodionova L.V. (2020). Demographic limitations of sustainable development of agro-industrial regions. Economics. Profession. Business. No. 1. P. 89-94. doi 10.14258/epb201964.
19. *Siberia in the first decades of the 21st century* (2008). Rep. ed. Kuleshov V.V. Novosibirsk: Monograph. Novosibirsk: IEOPP SB RAS, 788 p.
20. Simagin, Yu.A. (2017). The influence of the level of economic development on the population of Russian regions. *Economics. Taxes. Right*. T. 10, No. 4. P. 49-55.
21. *Social policy, level and quality of life. Dictionary*. (2001). M.: VCUZH, p. 41
22. *Population of the Russian Federation by sex and age as of January 1, 2022: statistical bulletin*, (2023) Moscow, [Electronic resource] – Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Bul_chislen_nasel-pv_01-01-2022.pdf (date of access: 02.02.2023)
23. *Population of the Russian Federation by sex and age as of January 1, 2002: statistical bulletin*, Moscow, 2003 [Electronic resource] available at: http://www.perepis2002.ru/ct/html/TOM_02_02_0.htm (accessed: 02.02.2023)
24. Tkachenko A.A. (2020). Strategy for spatial development of Russia until 2025 and priorities of regional development. *Russia: trends and development prospects: yearbook*, Kursk, June 05–06, 2020. Moscow: Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences, P. 158-162.

Статья поступила в редакцию: 26.06.24, одобрена после рецензирования: 14.10.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 26 June 2024; approved after review: 14 October 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторах

Наталья Робертовна Зангеева

кандидат географических наук, научный сотрудник
Байкальского института природопользования
Сибирского отделения Российской академии наук
670047, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ,
ул. Сахьяновой, 6

e-mail: zangeeva@binm.ru

Валентин Сергеевич Батомункуев

кандидат географических наук, заместитель
директора по научной работе Байкальского
института природопользования Сибирского
отделения Российской академии наук, заведующий
лабораторией Геостратегических исследований
и пространственного развития,
670047, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ,
ул. Сахьяновой, 6

e-mail: bvalentins@binm.ru

Айлана Дабаевна Ульзетуева

инженер 2-й категории Байкальского института
природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук
670047, Россия, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ,
ул. Сахьяновой, 6

e-mail: ailana163u@binm.ru

Information about the authors

Natalia R. Zangeeva

Candidate of Geographical Sciences, Researcher,
Baikal Institute of Nature Management of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences;
6, Sakhyanovoy st., Ulan-Ude, Republic of Buryatia,
670047, Russia

Valentin S. Batomunkuev

Candidate of Geographical Sciences, Deputy Director
for Science, Head of the Laboratory of Geostrategic
Studies and Spatial Development, Baikal Institute of
Nature Management of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences;
6, Sakhyanovoy st., Ulan-Ude, Republic of Buryatia,
670047, Russia

Ailana D. Ulzetueva

Engineer of the 2nd category, Baikal Institute of
Nature Management of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences;
6, Sakhyanovoy st., Ulan-Ude, Republic of Buryatia,
670047, Russia

Вклад авторов

Зангеева Н.Р. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи.
Батомункуев В.С. – научное редактирование текста.
Ульзетуева А.Д. – обработка материала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Natalia R. Zangeeva – the idea; collection of materials; data processing; writing of the article.
Valentin S. Batomunkuev – scientific editing of the text.
Ailana D. Ulzetueva – data processing.

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

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.509.5

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-91-105

**ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫМИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ
(НА ПРИМЕРЕ WRF-ARW) ОСТРОВА ТЕПЛА АРКТИЧЕСКОГО ГОРОДА (АПАТИТЫ)
В УСЛОВИЯХ «ТЕПЛОЙ ЗИМЫ»**

Павел Игоревич Константинов¹, Ален Арманович Коспанов², Варвара Сергеевна Маратканова³,
Иван Романович Бекряев⁴, Анна Александровна Нариманидзе⁵, Артем Денисович Голиков⁶,
Владимир Евгеньевич Ермаков⁷, Мария Евгеньевна Зубова⁸, Анастасия Александровна Семёнова⁹,
Ульяна Игоревна Антипина¹⁰, Игорь Владимирович Малютин¹¹, Сергей Владимирович Шувалов¹²,
Дарья Юрьевна Гущина¹³, Юлия Вячеславовна Мухартова¹⁴

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14} Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

^{1, 2, 3} Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

⁹ Университет МГУ–ППИ в Шэньчжэне, г. Шэньчжень, Гуандун, КНР

⁹ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России, г. Москва, Россия

¹⁰ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, г. Москва, Россия

¹⁰ Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова Российской академии наук, г. Москва, Россия

¹ kostadini@mail.ru

² kospanov.alen@gmail.com

³ varvara.mar@yandex.ru

⁴ ibekryaev@mail.ru

⁵ annanarimanidze1563@gmail.com

⁶ artemgelios@gmail.com

⁷ ermakov@yandex.ru

⁸ maria.zubova2712@gmail.com

⁹ mos7kit@mail.ru

¹⁰ ant.uly@yandex.ru

¹¹ gomalytin@yandex.ru

¹² cyclonaut@ya.ru

¹³ dasha155@mail.ru

¹⁴ muhartova@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время Арктика является регионом, в значительной степени подверженным негативным последствиям глобальных климатических изменений. В связи с этим остро встаёт проблема изучения микроклиматических особенностей арктических городов, в которых сосредоточена большая часть населения. Эта проблема усугубляется небольшим объемом доступной метеорологической информации. Исследование оценивает возможность воспроизведения такого явления, как городской остров тепла, в г. Апатиты в условиях «тёплой зимы» региональными метеорологическими моделями. Наличие острова тепла выявлялось по данным полевых измерений температуры воздуха логгерами iButton с 29 по 31 января 2024 г. Его моделирование проводилось за тот же период с использованием модельного комплекса WRF-ARW. В результате было обнаружено, что модель удовлетворительно воссоздает пространственную структуру острова тепла г. Апатиты со средней интенсивностью 1,2 °С. Его наличие в условиях «тёплой зимы» подтверждается данными полевых наблюдений (интенсивность 0,6 °С). Разница значений находится в пределах погрешности измерений. Наименьшие расхождения между результатами моделирования и прямыми измерениями термодатчиков наблюдаются в случае удачного воспроизведения условий облачности. Таким образом, в условиях «тёплой зимы» качественное прогнозирование положительной аномалии определяется качеством воспроизведения облачного покрова региональной моделью.

Ключевые слова: климат города, острова тепла, Арктические города, WRF-ARW, региональные особенности

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке проекта РНФ № 23-27-00254.

Для цитирования: Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А., Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И., Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В. Оценка воспроизводимости региональными метеорологическими моделями (на примере WRF-ARW) острова тепла арктического города (Апатиты) в условиях «теплой зимы» // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 91–105. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-91-105



Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Zubova M.E., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

METEOROLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-91-105

ASSESSMENT OF THE REPRODUCIBILITY BY REGIONAL METEOROLOGICAL MODELS (WRF-
ARW) OF AN URBAN HEAT ISLAND IN THE ARCTIC TOWN (APATITY)
UNDER 'WARM WINTER' CONDITIONS

Pavel I. Konstantinov¹, Alen A. Kospanov², Varvara S. Maratkanova³, Ivan R. Bekryaev⁴, Anna A. Narimanidze⁵,
Artem D. Golikov⁶, Vladimir E. Ermakov⁷, Mariya E. Zubova⁸, Anastasia A. Semenova⁹, Uliana I. Antipina¹⁰,
Igor V. Malyutin¹¹, Sergey V. Shuvalov¹², Daria Yu. Gushchina¹³, Yulia V. Muhartova¹⁴

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14} Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^{1, 2, 3} Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

¹ Shenzhen MSU-BIT University Longgang District, Shenzhen, Guangdong Province, PRC

⁹ Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Federal Medical-Biological Agency, Moscow, Russia

¹⁰ Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu.A. Israel, Moscow, Russia

¹⁰ A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

¹ kostadini@mail.ru

² kospanov.alen@gmail.com

³ varvara.mar@yandex.ru

⁴ ibekryaev@mail.ru

⁵ annanarimanidze1563@gmail.com

⁶ artemgelios@gmail.com

⁷ ermakov@yandex.ru

⁸ maria.zubova2712@gmail.com

⁹ mos7kit@mail.ru

¹⁰ ant.uly@yandex.ru

¹¹ gomalytin@yandex.ru

¹² cyclonaut@ya.ru

¹³ dasha155@mail.ru

¹⁴ muhartova@yandex.ru

Abstract. Nowadays, the Arctic is one of the regions of the world most affected by the global climate change. Consequently, the study of microclimatic conditions of Arctic cities and towns, where resides most of the population, becomes a scientific problem of great importance, while being compounded by the lack of verified meteorological data. This research deals with an assessment of a 'warm winter' urban heat island (UHI) in the town of Apatity using a regional meteorological model. The UHI was first identified by field observation data from 29 to 31 of January 2024, recorded on iButton temperature loggers. The model experiment for the same period was conducted using the WRF-ARW model. The results demonstrate that the model is able to reproduce the spatial structure of the 'warm winter' Apatity UHI. Its average intensity was calculated to be 1.2 °C. Field observation data identified the UHI with the average intensity of 0.6 °C. The difference between the simulated and observed UHIs is within the measurement accuracy. The best correlation between the model estimation and temperature loggers' data is observed in the case of the model accurately representing the cloud cover. Therefore, in 'warm winter' conditions the accuracy of urban heat island forecasting depends on the model performing the cloud cover calculations.

Keywords: urban climate, WRF-ARW, Arctic town, regional features, urban heat island

Funding. The study was carried out with the support of the Russian Science Foundation under project No. 23-27-00254.

For citation: Konstantinov, P.I., Kospanov, A.A., Maratkanova, V.S., Bekryaev, I.R., Narimanidze, A.A., Golikov, A.D., Ermakov, V.E., Zubova, M.E., Semyonova, A.A., Antipina, U.I., Malyutin, I.V., Shuvalov, S.V., Gushchina, D.Yu., Mukhartova, Yu.V. (2024). Assessment of the reproducibility by regional meteorological models (WRF-ARW) of an urban heat island in the arctic town (Apatity) under 'warm winter' conditions. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 91–105. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-91-105

Введение

Исторически сложилось так, что недостаток данных в Заполярье привел к тому, что в начале первого десятилетия XXI в. современная климатология обладала крайне скудной информацией о микроклиматических особенностях городов, расположенных за полярным кругом. В XX в. имелись лишь единичные исследования, проведенные на Аляске и показавшие существование в зимнее время мощных островов тепла в относительно небольших городах Барроу и Фэрбанксе [16]. В России к текущему моменту имеются измерения в Апатитах, Воркуте, Мурманске, Норильске, Надыме, Салехарде и Новом Уренгое [6], а также в 2015–2022 гг. были установлены постоянные системы наблюдений для сбора климатологической информации о городском острове тепла, повторяемости приземных инверсий и их пространственной неоднородности [15].

Согласно им, в Норильске и в Апатитах разница температур между центром города и окрестностями доходит до 5–7 °C, в Мурманске и Воркуте различия получились более сглаженными [15]. Но это в чрезвычайно морозных условиях антициклональной циркуляции, а зимы в Арктической зоне РФ теплеют, что соответствует

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Щувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

тенденциям, отмеченным в докладах IPCC [11; 18]. Следовательно, вполне перспективно изучать как острова тепла в условиях более «теплых» зим в городах Арктики, так и способность региональных моделей прогноза погоды их воспроизводить [27]. К тому же зима 2023–2024 г. на севере ЕТР изобиловала именно «теплыми» эпизодами. Поэтому в период с 25 января по 1 февраля 2024 г. были проведены полевые исследования городского острова тепла в г. Апатиты, которые параллельно дополнялись данными регионального моделирования.

Район исследования

Город Апатиты расположен в центральной части Кольского полуострова за полярным кругом (67°34' с.ш. 33°24' в.д.). Высота центра города – около 178 м над уровнем моря, в юго-восточной части – до 200 м. Город находится на возвышении (высота центральной части примерно на 50 м превышает высоту местности к западу от города). В 6 км к северо-востоку от центра города имеется подножье горного массива Хибин (высочайшая точка – гора Юдычвумчорр, высота 1200,6 м). Полярная ночь длится с 15 по 29 декабря, полярный день – с 29 мая по 14 июля.

Территория города относится к северной части умеренного климатического пояса и подвергается влиянию умеренных и арктических воздушных масс [1]. Значительное смягчающее воздействие на климат оказывает Нордкапское тёплое течение. Климат данной территории по классификации Кёппена – Dfc (Холодный климат без сухого сезона с холодным летом) [20].

К западу от Апатитов находится озеро Имандра (площадь – 876 км²). В летние месяцы его микроклиматический эффект выражается в создании более высоких суточных минимальных температур воздуха по сравнению с окружающей местностью. Напротив, зимой для котловины озера характерно инверсионное распределение температур, застой холодного воздуха в понижениях рельефа [2].

В городе действуют такие предприятия, как Апатито-Нефелиновая обогатительная фабрика (АНОФ-2) и Апатитская ТЭЦ. Также поблизости от города есть горнодобывающие предприятия. Выбросы всех этих промышленных объектов оказывают значительное воздействие на содержание твёрдых частиц в атмосфере города [25]. Апатиты являются одним из крупнейших населённых пунктов на территории за Полярным кругом. На 1 января 2024 г. численность населения г. Апатиты составляет 48277 чел. [3]. Наличие промышленных объектов и относительно большое население являются важнейшими факторами формирования городского острова тепла.

Климат региона (1991–2020 гг.)

По официальным данным Гидрометцентра России (meteoinfo.ru), самым тёплым месяцем является июль (среднеклиматическая температура составляет +14,5 °С), январь – самым холодным месяцем (среднеклиматическая температура -12,7 °С). Это существенно ниже, чем средняя температура, зафиксированная в период проведения экспедиции (-1,5 °С) (рис. 1). Средняя климатическая температура за период календарной зимы составляет -11,5 °С. Для арктической территории такая зима считается тёплой, что обусловлено воздействием атлантических воздушных масс. В среднем за зиму наблюдается около 6 дней с оттепелью, с минимумом в январе. Годовая сумма осадков – 570 мм.

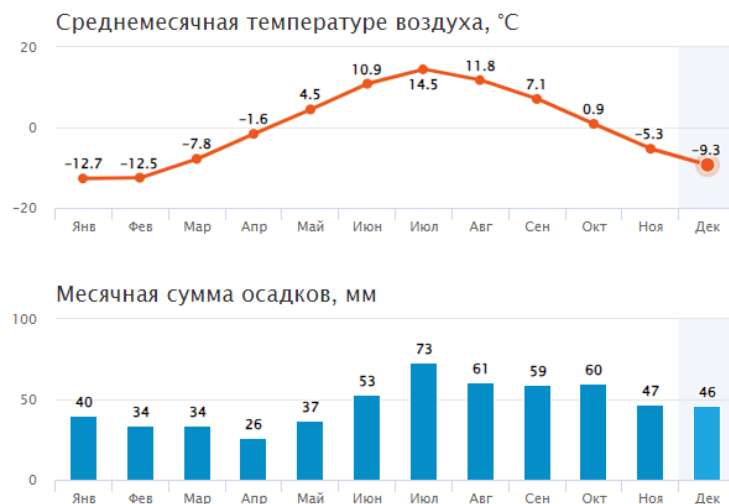


Рис. 1. Климатическая диаграмма г. Апатиты (meteoinfo.ru)

Fig. 1. Climatic diagram of Apatity (meteoinfo.ru)

Синоптическая обстановка в период полевых исследований

В январе 2024 г. сложилась синоптическая обстановка, нетипичная для данного региона и времени года. Постоянная активная циклоническая деятельность, сопровождаемая прохождением атмосферных фронтов с резкими перепадами температуры на разных высотах, а также порывистый ветер, провоцировавший интенсивное

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

вертикальное перемешивание воздуха в нижних слоях атмосферы, создали непростые условия для выполнения запланированных исследований, связанных с изучением острова тепла арктического города.

Однако эта нетипичная ситуация также предоставила уникальную возможность исследовать микроклимат г. Апатиты в условиях необычно теплой зимы.

Синоптическую ситуацию на Кольском полуострове в период с 25 января по 1 февраля 2024 г. можно условно разделить на 3 отдельных периода.

Период 1 (25.01–26.01): в начале экспедиции территория Кольского полуострова находилась в области высокого давления. По данным метеостанции Апатиты, в первый день экспедиции давление составляло 988–997 гПа на уровне метеостанции, отмечался умеренный западный, северо-западный ветер (5–6 м/с), который местами способствовал образованию позёмка. При этом ярко выраженного суточного хода температуры не наблюдалось (рис. 2). В ночные часы 26.01 отмечалось ослабление ветра до 0–2 м/с, что способствовало уменьшению интенсивности перемешивания воздуха.

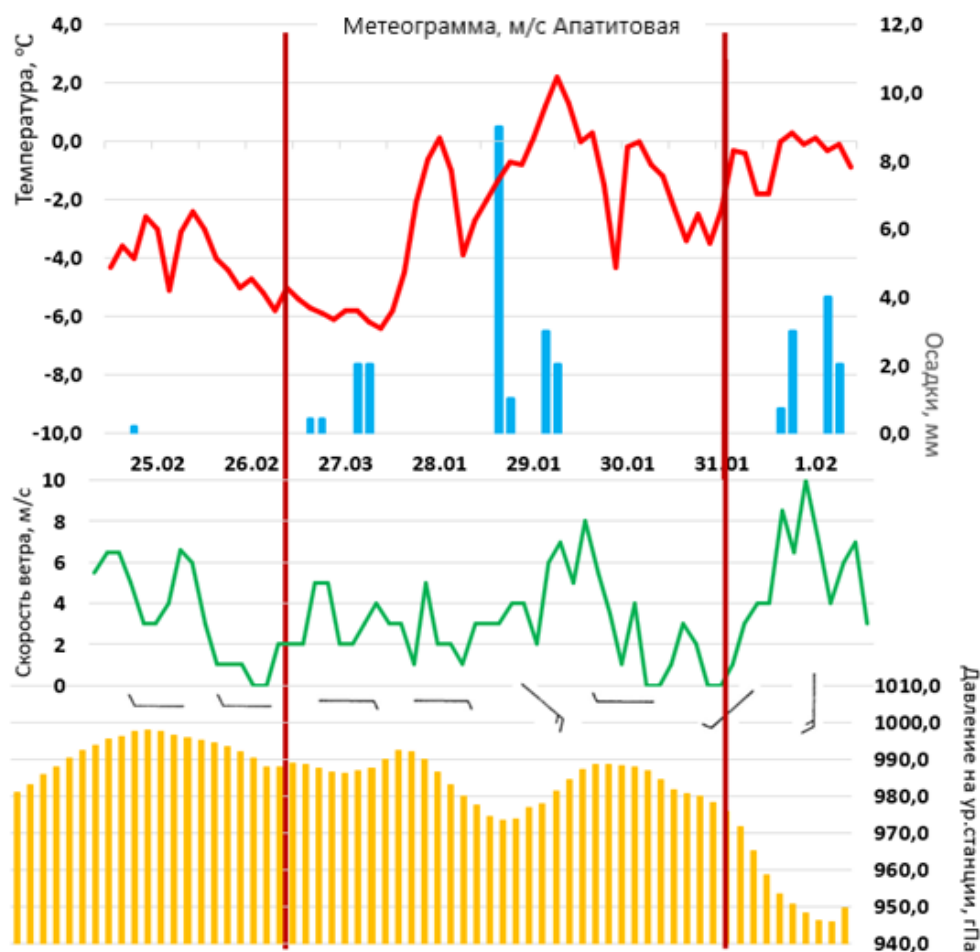


Рис. 2. Метеограмма с метеостанции Апатитовая (22 213): температура воздуха (красный), осадки (голубой), скорость ветра (зелёный), направление ветра (чёрный), атмосферное давление на уровне станции (оранжевый)

Fig. 2. Meteorogram from the Apatitovaya weather station (22 213): air temperature (red), precipitation (blue), wind speed (green), wind direction (black), atmospheric pressure at the station level (orange)

Период 2 (27.01–31.01): в этот период Кольский полуостров находился на юго-западной периферии циклона, что сопровождалось прохождением двух теплых атмосферных фронтов. На графике хода давления (рис. 3) можно увидеть два локальных минимума в данный период. Это вызвало резкий подъем температуры воздуха до anomalно высоких значений для конца января – +2,2 °C. Также прохождение фронтальных зон связано с усилением ветра, выпадением осадков в виде снега, а в горных районах отмечался и дождь. Уже после прохождения фронтальной зоны, 30 января, погодные условия улучшились за счет приближения центральной части циклона. Наблюдалось постепенное прекращение осадков и ослабление ветра в исследуемом районе.

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
 Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
 Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

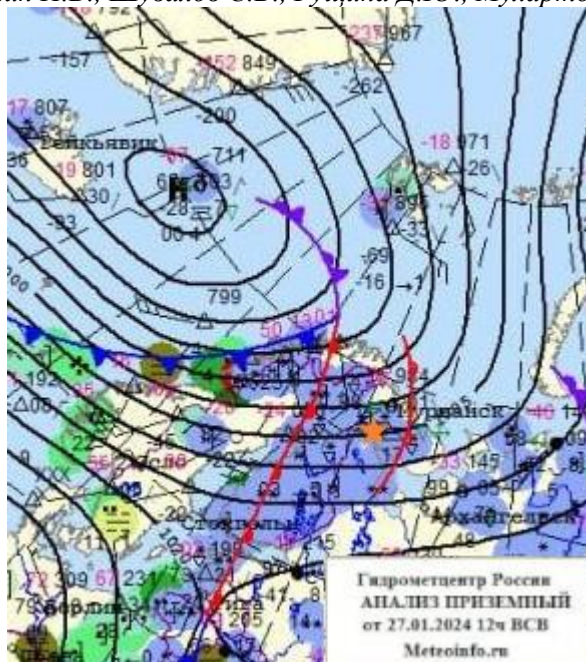


Рис. 3. Анализ приземной погоды от 27.01.24 12 ВСВ по данным Гидрометцентра России.

Цветной маркер указывает положение г. Апатиты

Fig. 3. Analysis of the Hydrometeorological Center of Russia of surface weather as of 27 Jan 2024 12 UTC.
 Colored marker points to the location of Apatity

Период 3 (31.01–1.02): в последние дни экспедиционных измерений погода вновь стала резко меняться. Днём 31 января, согласно метеостанции Апатиты, давление начало стремительно понижаться перед приближающейся фронтальной зоной. Утром 1 февраля, к моменту завершения экспедиции, давление упало ниже отметки в 950 гПа, указывая на приближение очень активного атмосферного фронта. Прохождение зоны фронта сопровождалось усилением ветра, достигавшего порывов до 14 м/с, выпадением осадков до 10 мм, а также метелью. Несмотря на это, приземная температура существенно не изменялась, оставаясь на уровне от -2 до 0 °С.

Методика полевых измерений температуры

Для сбора данных о температуре воздуха в г. Апатиты и окрестностях использовались логгеры iButton, часто применяемые в микроклиматических исследованиях [12, 30]. Логгеры iButton DS1922L Thermochron внешне напоминают дисковую батарейку – они упакованы в герметичный корпус из легированной нержавеющей стали диаметром 17,35 мм и толщиной 5,89 мм. Корпус состоит из 2 изолированных друг от друга частей: основания и крышки. Части крышки представляют собой контактную часть 1-wire-порта (рис. 4).

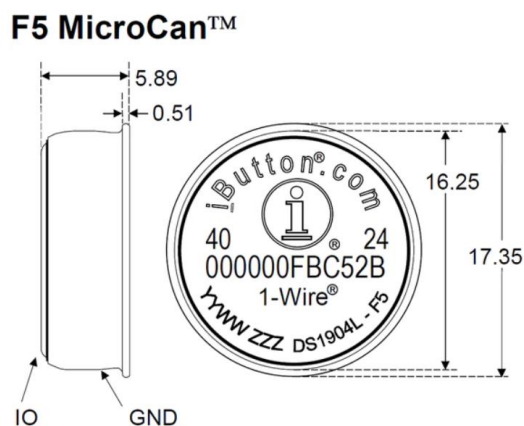


Рис. 4. Внешний вид и габариты термографа iButton DS1922L Thermochron (в мм)

Fig. 4. Appearance and dimensions of the iButton DS1922L Thermochron thermograph (in mm)

Внутри корпуса расположена интегральная электронная схема, в которую входят узел цифрового полупроводникового термометра, узел управления информационным обменом с помощью 1-wire-интерфейса, часы реального времени, тактовый генератор и память различного назначения (для записи отсчетов, калибровочных констант, дополнительных сведений, промежуточная блокнотная память и др.). Схема питается от 3-В литиевой батареи типа BR1225.

Результаты полевых измерений температуры воздуха

- Всего использовалось пять датчиков (логгеры iButton), которые были расположены в городе и за городом.
- датчик на АНОФе имеет координаты: $67,591^{\circ}$ с.ш., $33,460^{\circ}$ в.д.;
- датчик у поста Дорожно-постовой службы (ДПС): $67,583^{\circ}$ с.ш., $33,318^{\circ}$ в.д.;
- датчик на Тик-Губе: $67,552^{\circ}$ с.ш., $33,360^{\circ}$ в.д.;

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

- датчик на повороте трассы Апатиты-Аэропорт Хибины: 67,553° с.ш., 33,450° в.д.;
- датчик на метеостанции у КНЦ: 67,568° с.ш., 33,407° в.д.

Датчик в центре города, у Кольского научного центра (КНЦ), считался «типично городской» точкой измерений, и остров тепла рассчитывался как аномалия температуры, которую показывает данный датчик, относительно фоновой температуры воздуха.

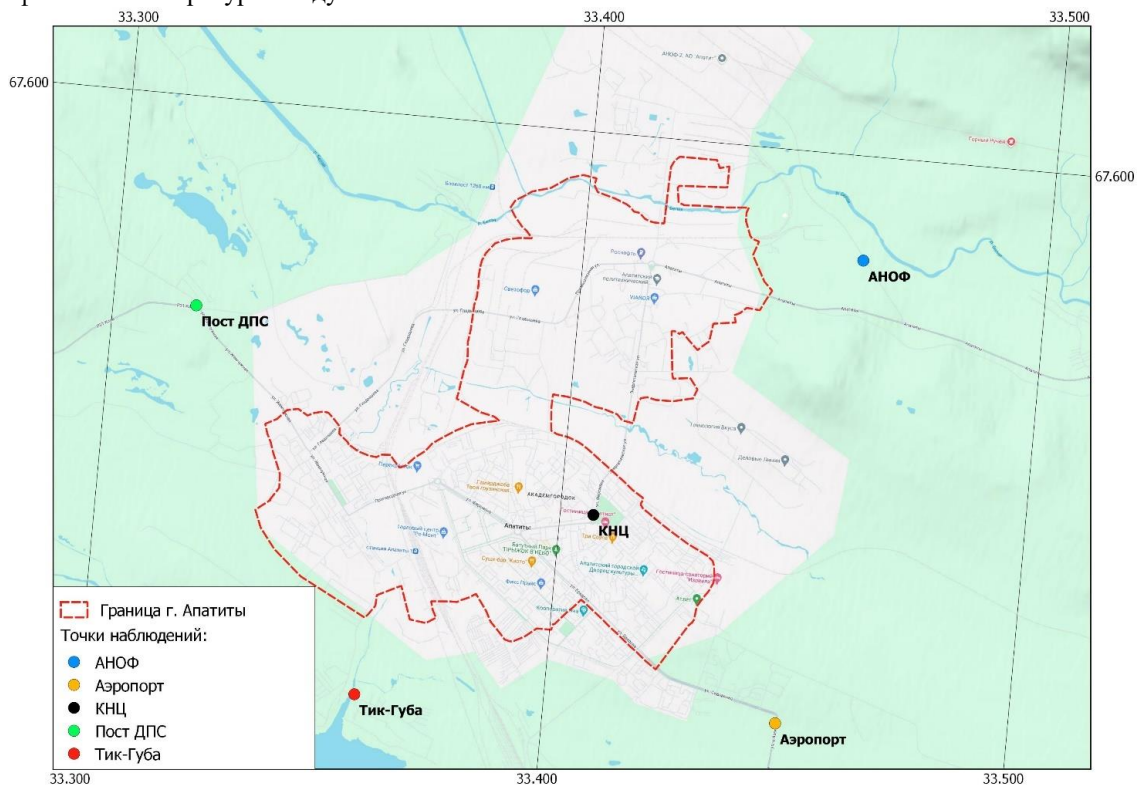


Рис. 5. Местоположение логгеров iButton в г. Апатиты
Fig. 5. Locations of iButton loggers in Apatity

Измерения, полученные с помощью датчиков, представляют собой временные ряды температуры воздуха с разрешением по времени 15 мин. с 00:00 29.01.2024 по 21:00 31.01.2024 (UTC +3). Так как датчики устанавливались в разное время, в результате чего количество и время измерений для них не совпадали, перед обработкой результатов измерений была проведена интерполяция данных наблюдений с дискретностью по времени 15 мин. на фиксированные периоды в 30 мин. с началом в 00:00 29.01. Интерполяция осуществлялась посредством осреднения всех входящих в определённый период сроков измерений. Использование инструментария библиотеки Pandas языка программирования Python [21] позволило решить проблему несовпадения сроков наблюдений между пятью датчиками в связи с невозможностью их одновременного начала.

Статистические характеристики, рассчитанные по данным измерений, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Статистические характеристики временных рядов наблюдения за температурой в г. Апатиты
Statistical characteristics of time series of temperature observations in the town of Apatity

Статистические характеристики	Аэропорт	АНОФ	Пост ДПС	Тик-Губа	КНЦ
Среднее значение	-1,6	-1,7	-1,0	-1,6	-0,8
Среднеквадратическое отклонение	1,4	1,7	1,4	2,4	1,2
Минимум	-4,8 (31.01, 04:30)	-5,7 (31.01, 10:00)	-4,6 (31.01, 04:00)	-7,6 (31.01, 05:00)	-3,9 (31.01, 04:00)
Максимум	+0,6 (29.01, 21:30)	+1,1 (30.01, 22:00)	+1,7 (29.01, 22:30)	+1,8 (29.01, 21:00)	+1,4 (30.01, 20:30)

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

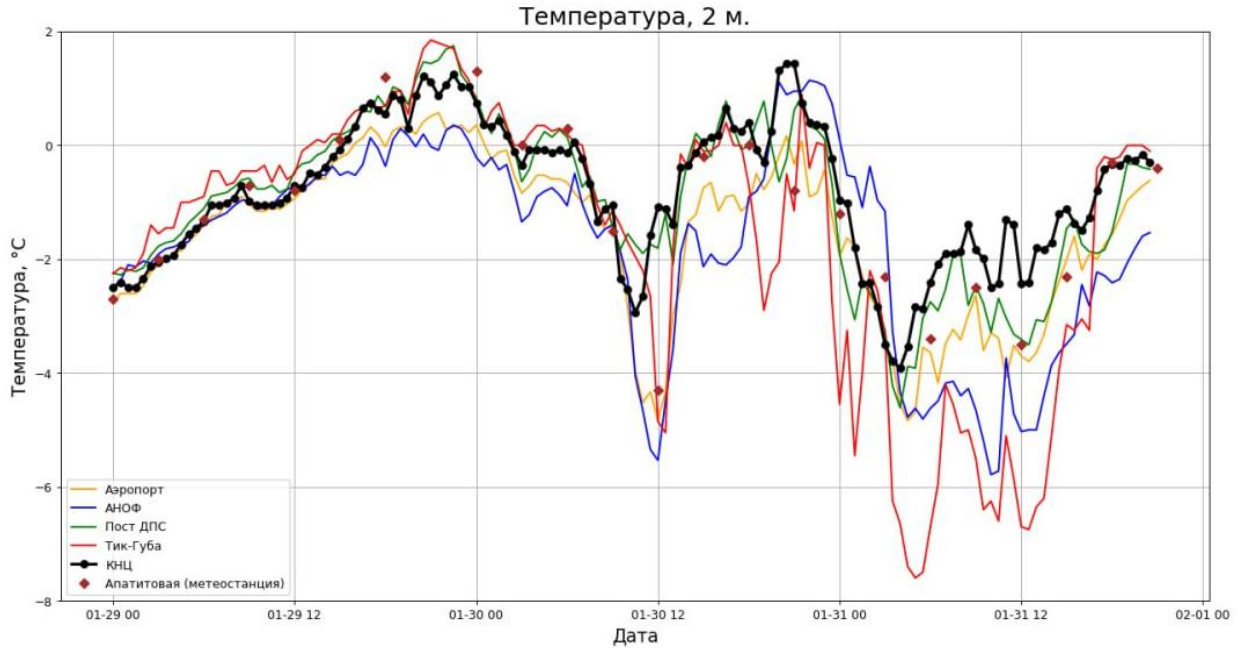


Рис. 6. Ход температуры воздуха в точках наблюдений в период измерений
Fig. 6. Temperature progression at observation points during the measurement period

В целом, 29.01 Апатиты находились под влиянием циклона. Погода была характерной для данного барического образования, присутствовали порывистый ветер, облачность в пределах 9–10 баллов, ливневый снег. Суточный ход температур не был выражен – по данным метеостанции Апатитовая, в течение суток отмечалось потепление, максимальная суточная температура была зафиксирована в 21:00. Потепление также выражено в измерениях датчиков. До 00:00 30.01 наблюдалась устойчивая тенденция к потеплению.

Наибольший интерес с точки зрения анализа городского острова тепла представляет ситуация, сложившаяся днем 30.01. В районе полудня произошло резкое прояснение с уменьшением облачности (с 9 баллов до 2–3) и уменьшением скоростей ветра до 1 м/с. Совокупность этих факторов привела к заметному похолоданию, что было зафиксировано всеми датчиками и выражено в ходе температур в период измерений (рис. 5). С увеличением балла облачности и скоростей ветра к вечеру в ходе температур вновь возникла тенденция к росту.

Следующее прояснение (уменьшение облачности до 4 баллов) было зафиксировано метеостанцией в 00:00 31.01. Оно также сопровождалось снижением скоростей ветра до 1 м/с, штилевыми условиями в утренние (03:00–06:00) часы. Это привело к уменьшению температуры и достижению минимальных значений за весь период наблюдения всеми датчиками (табл. 1).

В течение 31.01 преобладали отрицательная барическая тенденция, увеличение балла облачности до 100 % с образованием слоистых и слоисто-кучевых облаков, увеличение скоростей ветра до 6 м/с в порывах в 21:00. Всё это вызвало нарушение суточного хода температуры, тенденция к её росту в течение суток была зафиксирована всеми пятью датчиками (рис. 6).

Таблица 2

Статистические характеристики временного ряда интенсивности острова тепла в г. Апатиты
Statistical characteristics of the time series of the heat island intensity in Apatity

Статистические характеристики	Интенсивность острова тепла
Среднее значение	+0,63
Среднеквадратическое отклонение	0,87
Минимум	- 0,68 (31.01, 03:00)
Максимум	+3,18 (30.01, 12:00)

Как было сказано выше, с точки зрения анализа эффекта городского острова тепла наибольший интерес представляют собой 30–31.01. В предыдущие сутки вследствие погоды, которая сопровождалась усилением ветра и, следовательно, интенсивным перемешиванием, городской остров тепла был выражен слабо. Разница температур между городом и окружающей местностью не превышала 0,5 °С.

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А., Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И., Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

30.01. вследствие описанного выше проявления около полудня был отмечен остров тепла максимальной интенсивности за весь период наблюдений. В 12:00 аномалия городского датчика относительно фоновой температуры достигла $+3,2$ °C (табл. 2). Также положительные аномалии, превышающие 1 °C, наблюдались в последующие сроки (12:30 и 13:00). Второй максимум в течение этих суток был зафиксирован с 20:00 до 21:00, когда положительная аномалия также превысила это значение.

Модельные эксперименты по воспроизведению городского острова тепла

Для моделирования острова тепла арктического города в условиях циклонического типа погоды, характеризующегося относительно высокой температурой, облачностью и скоростью ветра, был использован модельный комплекс WRF-ARW [24]. В связи с небольшим размером города было необходимо проводить моделирование с высоким пространственным разрешением. Временной шаг выдачи модельных данных должен был соответствовать частоте данных измерений.

Для представления области счета были использованы 4 вложенных домена (рис. 7). Шаг сетки доменов изменялся от 9 км по горизонтали в старшем домене до 333 м в младшем. Моделирование охватывало период с 00:00 24.01.2024 по 21:00 31.01.2024. Горизонтальный размер всех доменов составил 160×160 узлов. Вычислительная сетка содержала 62 вертикальных уровня, из них 15 ниже 100 м, 30 ниже 1000 м. Это позволило достаточно точно воспроизвести как динамику в пограничном слое над городом, так и выхолаживание при просветах в облачности, а также динамику в сложном рельефе массива Хибинских гор.

Скорость счета на 256 вычислительных ядрах суперкомпьютера Гидрометцентра России CrayXC40 – 9:1, то есть 9 часов модельного времени вычислялись за 1 час реального. Столь низкая скорость счета связана как с малым шагом сетки, так и с горным рельефом, что вынудило производить вычисления с уменьшенным шагом по времени для сохранения численной устойчивости.

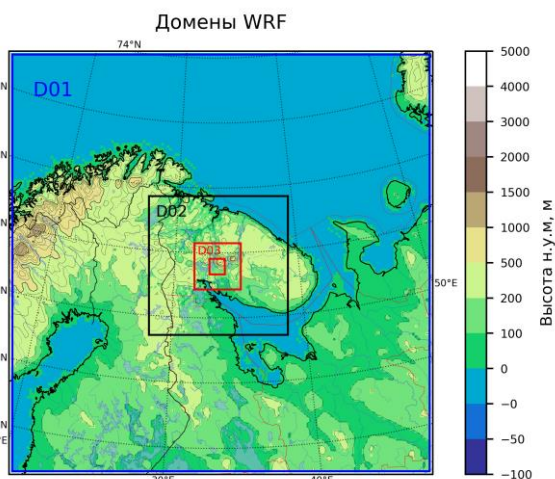


Рис. 7(a). Карта вычислительных доменов модели WRF-ARW
Fig. 7(a). Map of computing domains of the WRF-ARW model

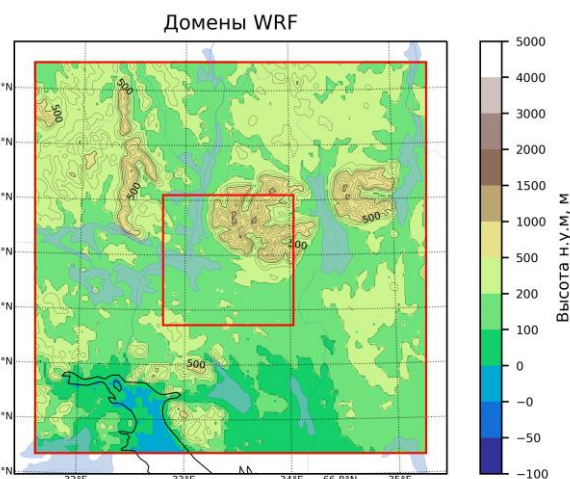


Рис. 7(б). Карта младших доменов модели WRF-ARW
Fig. 7(b). Map of low domains of the WRF-ARW model

Для задания в модели городской подстилающей поверхности с необходимым пространственным разрешением был использован глобальный набор данных локальных климатических зон [4]. Пространственное разрешение данного набора данных составляет 100 м. Применение локальных климатических зон позволяет учитывать пространственную структурную неоднородность застройки.

Для выделения модельного городского острова тепла также необходимо проводить моделирование без города. Это способствует сохранению фоновых значений метеорологических полей и уменьшению собственных ошибок модели при вычитании в условиях сравнения полей. Для моделирования без города была установлена доля застройки 0,00 в руководящей таблице городских параметров URBPARM_LCZ.TBL в модели.

Для моделирования в высоких широтах важен используемый набор параметризаций, особенно пограничного слоя, поверхности и радиации. В качестве параметризаций коротко- и длинноволновых процессов была выбрана параметризация RRTMG [10].

Наличие города с характерными размерами зданий порядка первых десятков метров при шаге сетки 333 м приводит к необходимости применения параметризации городской подстилающей поверхности. Для более точного описания динамики атмосферы в городе была использована параметризация BEP+VEM [17, 23]. Её точность в обрисовке городских процессов неоднократно продемонстрирована при воспроизведении острова тепла крупных городов, таких как Барселона [22, 23], Мадрид, [23], Берлин [29].

Работа с параметризацией городской подстилающей поверхности значительно ограничивает выбор возможных параметризаций пограничного слоя атмосферы. По данным работ [14, 32], наилучшие результаты при расчетах показывает параметризация пограничного слоя Mellor–Yamada–Janjić (MYJ) [13].

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А., Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И., Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

В качестве параметризации подстилающей поверхности была взята Noah-MP [7, 19, 28].

В результате получены поля метеорологических переменных с горизонтальным шагом сетки 333 м и временной дискретностью 10 мин. для основных метеорологических величин. Так как во время измерительной кампании проводились только измерения температуры воздуха, далее будут рассмотрены только данные о температуре воздуха.

Для каждой переменной существуют два поля – поле, полученное в результате моделирования с городом, а также поле с «отключенным» городом.

Для данных моделирования с дискретностью по времени 10 мин. было проведено осреднение по интервалам, аналогичным временным рядам наблюдений, полученных датчиками iButton. Это позволило с большей точностью сравнивать данные моделирования и наблюдений.

Для временной интерполяции и осреднения были использованы библиотеки Numpy [8], Pandas [21] языка программирования Python [26].

Результаты и обсуждение

По итогам модельного эксперимента была рассчитана интенсивность острова тепла, представленная как разность между температурой в точке КНЦ и средним значением температуры на фоновых точках. Максимальная интенсивность городского острова тепла составила 3,1 °C и наблюдалась в утренние часы 30.01. Остров тепла также ярко проявился утром 31.01 с интенсивностью 2–3 °C.

Данные моделирования с учетом города (рис. 8) показывают схожую картину интенсивности острова тепла. В утренние часы 29.01 при прохождении теплового фронта интенсивность острова тепла была близка к 0 °C, по модельным данным с учетом города порядка 0,5 °C. Однако после прохождения фронта и прояснения в модели остров тепла проявляется с интенсивностью порядка 3 °C. По данным наблюдения, этого не происходит из-за сохранения облачности. Однако в утренние часы 30.01 при прояснении наблюдаемая интенсивность острова тепла действительно превышает 3 °C.

Для визуализации полученных данных была использована библиотека Matplotlib [9].



Рис. 8. Временной ход интенсивности городского острова тепла города Апатиты по данным измерений и моделирования в период 29.01.2024 – 31.01.2024

Fig. 8. Time course of the intensity of the urban heat island in Apatity according to measurement and modeling data from 29 Jan 2024 to 31 Jan 2024

Пространственное сравнение поля температуры воздуха на высоте 2 м показывает интенсивность и распространение положительной аномалии температуры, возникающей из-за влияния города. Согласно данным моделирования, средняя интенсивность городского острова тепла за исследуемый период составила 1,2–1,5 °C в пределах города. Средняя разность температуры воздуха за пределами города при моделировании с городом и без города варьирует от -0,1 до +0,1 °C, что позволяет однозначно выделить влияние городского эффекта на приземную температуру воздуха.

Карта средней интенсивности городского острова тепла (рис. 9) была создана с использованием библиотеки Cartopy [5].

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
 Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
 Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

Средняя интенсивность острова тепла
 29.01.2024 00:00 - 31.01.2024 21:00

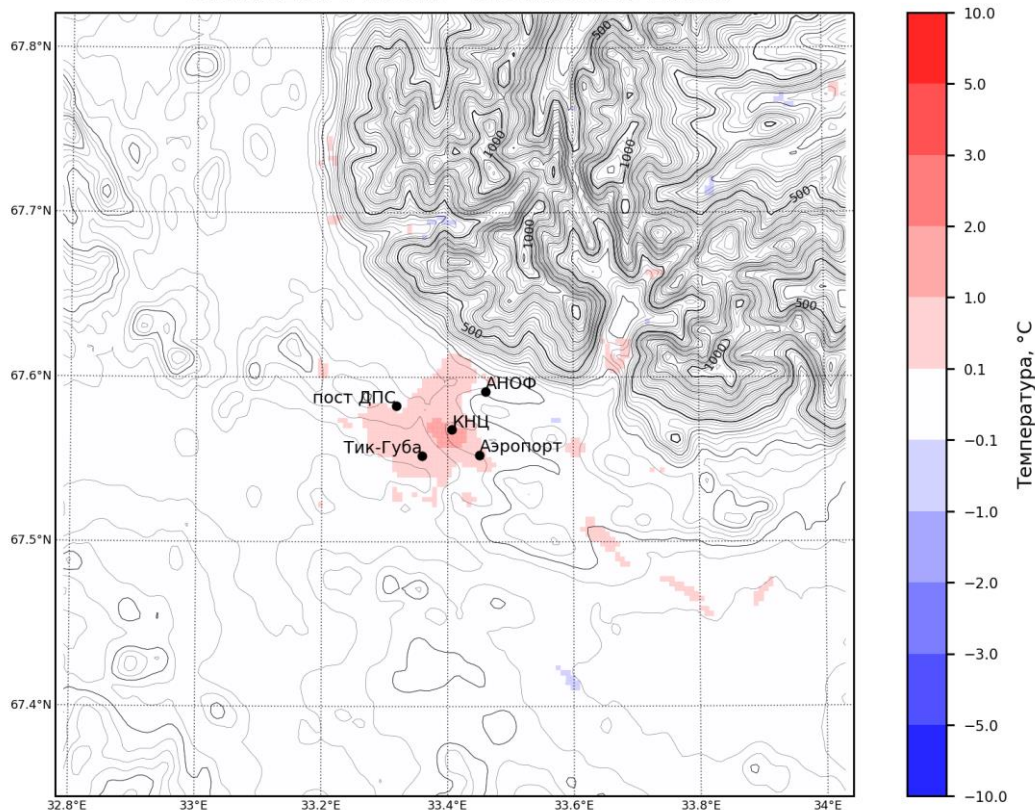


Рис. 9. Карта средней интенсивности городского острова тепла города Апатиты с отмеченными точками измерений приземной температуры воздуха

Fig. 9. Map of the average intensity of the Apatity urban heat island with marked points of surface air temperature measurements

Исходя из рис. 8, видно, что основной причиной рассогласованности в значениях измеренной и смоделированной температуры является облачность. В те моменты, когда облачность моделируется успешно, и качество воспроизведения модельных значений довольно высокое. А вот в периоды ошибки в моделировании облачности (12:00 31.01.2024), наоборот, возникают самые большие ошибки в интенсивности городского острова тепла.

Что же касается пространственной картины, то на уровне средних значений смоделированная WRF-ARW за период наблюдений интенсивность городского острова тепла (+1,2 °C) на 0,6 °C (почти в пределах погрешности измерений) превышает измеренную (табл. 2).

Заключение

По итогам проведенного сравнения модельных экспериментов WRF-ARW и данных полевых экспедиционных измерений в районе города Апатиты Мурманской области в период «теплой зимы» 26–31 января 2024 г. представляется возможным сделать следующие выводы:

1. Пространственная структура острова тепла в Апатитах с помощью WRF-ARW воспроизводится удовлетворительно с максимальным развитием явления в центральной части города и плотной застройки (здание КНЦ).
2. Наименьшее расхождение между результатами моделирования и прямыми измерениями с помощью термодатчиков достигается в случае удачного воспроизведения моделью условий облачности. Таким образом, для качественного прогнозирования интенсивности городской термической аномалии стоит выбирать такие варианты модели WRF-ARW, в которых облачный покров воспроизводится наиболее успешно.
3. Дальнейшее изучение островов тепла в арктических городах в условиях «тёплой зимы» заключается как в проведении полевых наблюдений с использованием более плотной сети термодатчиков, что позволит выяснить влияние внутригородских микроклиматических условий на это явление, так и в проведении дальнейших модельных экспериментов.
4. Полученные результаты имеют практическую значимость, в том числе для дальнейшего развития системы прогнозирования как условий комфортности климата в городах Арктики, так и планирования, например, сортового состава зеленой инфраструктуры.

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
 Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
 Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

Библиографический список

1. Кобышева Н.В. Климат России. СПб: Гидрометеоздат, 2001. 655 с.
2. Моисенко Т.И., Даувальтер В.А., Сандимиров С.С. (ред.) и др. Экологическое состояние озера Имандра: в 2 томах: Гидролого-геохимические условия. Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2023. Т. 1. 221 с.
3. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения 06.06.2024)
4. Demuzere M., Kittner J., Martilli A., Mills G., Moede C., Stewart I.D., van Vliet J., Bechtel B. A global map of Local Climate Zones to support earth system modelling and urban scale environmental science // *Earth System Science Data Discussions*. 2022. Vol. 14, No. 8. P. 3835–3873. URL: <https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>
5. Elson P. et al. SciTools/cartopy: v0. 21.0. Zenodo. 2022. URL: <https://zenodo.org/records/7430317>
6. Esau I., Miles V., Soromotin A., Sizov O., Varentsov M., Konstantinov P. Urban heat islands in Arctic cities: an updated compilation of in situ and remote sensing estimations // *Advances in Science and Research*. 2021. Vol. 18. P. 51–57. URL: <https://doi.org/10.5194/asr-18-51-2021>
7. He C. et al. The community Noah-MP land surface modeling system technical description version 5.0. NCAR Technical Note N CAR/TN-575+ STR. 2023. 278 p. URL: <https://doi.org/10.5065/ew8g-yr95>
8. Harris C.R. et al. Array programming with NumPy // *Nature*. 2020. V. 585, No. 7825. P. 357–362. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
9. Hunter J.D. Matplotlib: A 2D graphics environment // *Computing in science & engineering*. 2007. Vol. 9, No. 03. P. 90–95.
10. Iacono M.J., Delamere J.S., Mlawer E.J., Shephard M.W., Clough S.A., Collins W.D. Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2008. Vol. 113, No. D13.
11. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Gen., Switzerland. 2014. 151 p.
12. Johnson A.N., Boer B., Woessner W.W., Stanford J.A., Poole G.C., Thomas S., O’Daniel S.J. Evaluation of an inexpensive small-diameter temperature logger for documenting ground water-river interactions // *Groundwater Monitoring & Remediation*. 2005. Vol. 25, No. 4. P. 68–74.
13. Janjic Z.I. The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes // *Monthly weather review*. 1994. Vol. 122, No. 5. P. 927–945.
14. Kim J. et al. Evaluation of land-atmosphere processes of the Polar WRF in the summertime Arctic tundra // *Atmospheric research*. 2020. Vol. 240. 104946. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104946>
15. Konstantinov P., Varentsov M., Esau I. A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic // *Environmental Research Letters*. 2018. 3. 075007. URL: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacb84>
16. Magee N., Curtis J., Wendler G. The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska // *Theoretical and Applied Climatology*. 1999. Vol. 64. P. 39–47.
17. Martilli A., Clappier A., Rotach M.W. An urban surface exchange parameterisation for mesoscale models // *Boundary-layer meteorology*. 2002. Vol. 104. P. 261–304.
18. Masson-Delmotte V. et al. (eds.) Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, IPCC. 2021. P. 3–32.
19. Niu G.Y. et al. The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011. V. 116, No. D12.
20. Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification // *Hydrology and Earth System Science*. 2008. 11. P. 1633–1644.
21. Reback J. et al. pandas-dev/pandas: Pandas 1.0. 5. Zenodo. 2020. URL: <https://zenodo.org/records/3898987>
22. Ribeiro I., Martilli A., Falls M., Zonato A., Villalba G. Highly resolved WRF-BEP/BEM simulations over Barcelona urban area with LCZ // *Atmospheric Research*, 2021. Vol. 248. 105220. URL: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105220>
23. Salamanca F., Martilli A. A new building energy model coupled with an urban canopy parameterization for urban climate simulations —Part II. Validation with one dimension off-line simulations // *Theoretical and Applied Climatology*. 2010. Vol. 99. P. 345–356.
24. Skamarock W.C. et al. A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4.3 (No. NCAR/TN-556+STR). 2021. 148 p. URL: <https://doi.org/10.5065/1dfh-6p97>
25. Slipenchuk M., Kirillov S., Vorobievskaya E., Sedova N. Anthropogenic pollution of the southern part of the Khibiny mountain massif and foothills // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. 302. 012024.
26. Van Rossum G. et al. Python reference manual. Amsterdam: CWI, 1995. Vol. 111. P. 1–52.
27. Vorotilova P.G., Konstantinov P.I., Varentsov M.I., Timazhev A.V., Baklanov A.A. Study of surface-based temperature inversions in the city of Nadym (Western Siberia) with direct measurements and numerical simulation // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. 611. 012021. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/611/1/012021>
28. Vogel J., Afshari A. Comparison of urban heat island intensity estimation methods using urbanized WRF in Berlin, Germany // *Atmosphere*, 2020. Vol. 11, No. 12. 1338 p. URL: <https://doi.org/10.3390/atmos11121338>
29. Wolaver B. D., Sharp J.M. Thermochron iButton: Limitation of this inexpensive and small-diameter temperature logger // *Ground Water Monitoring and Remediation*. 2007. Vol. 27, No. 3. P. 127–128.
30. Yang Z.L. et al. The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 2. Evaluation over global river basins // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011. Vol. 116, No. D12.
31. Zhang T., Le C., Simeng L., Jiandong W. Evaluation of meteorological predictions by the WRF model at Barrow, Alaska and Summit, Greenland in the Arctic in April 2019 // *Advances in Polar Science*. 2023. Vol. 34, No. 4. P. 352–367. URL: <https://doi.org/10.12429/j.advps.2023.0006>

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
 Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
 Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

References

1. Kobysheva N.V. (2001). *The Climate of Russia*. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 655 p.
2. Moscenko T.I., Dauvalter V.A., Sandimirov S.S. (ed.) et al. (2023). *Ecological state of the Imandra lake in two volumes. Vol. 1: Hydrological and Geochemical conditions*. Apatity: FRC KSC RAS (Publ.), 221 p.
3. Federal State Statistics Service. Russian Federation. Available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (Accessed 6 June 2024)
4. Demuzere M., Kittner J., Martilli A., Mills G., Moede C., Stewart I.D., van Vliet J., Bechtel B. (2022). A global map of Local Climate Zones to support earth system modelling and urban scale environmental science. *Earth System Science Data Discussions*, vol. 14, no. 8, pp. 3835–3873. Available at: <https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>
5. Elson P. et al. (2022). *SciTools/cartopy: v0. 21.0*. Available at: <https://zenodo.org/records/7430317>
6. Esau I., Miles V., Soromotin A., Sizov O., Varentsov M., Konstantinov P. (2021). Urban heat islands in Arctic cities: an updated compilation of in situ and remote sensing estimations. *Advances in Science and Research*, vol. 18, pp. 51–57. Available at: <https://doi.org/10.5194/asr-18-51-2021>
7. He C. et al. (2023). *The community Noah-MP land surface modeling system technical description version 5.0*. NCAR Technical Note N CAR/TN-575+ STR, 278 p. Available at: <https://doi.org/10.5065/ew8g-yr95>
8. Harris C.R. et al. (2020). Array programming with NumPy. *Nature*, vol. 585, no. 7825, pp. 357–362. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2649-2>
9. Hunter J.D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. *Computing in science & engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 90–95.
10. Iacono M.J., Delamere J.S., Mlawer E.J., Shephard M.W., Clough S.A., Collins W.D. (2008). Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 113, no. D13.
11. IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. Geneva: IPCC (Publ.), 151 p.
12. Johnson A.N., Boer B., Woessner W.W., Stanford J.A., Poole G.C., Thomas S., O’Daniel S.J. (2005). Evaluation of an inexpensive small-diameter temperature logger for documenting ground water–river interactions. *Groundwater Monitoring & Remediation*, vol. 25, no. 4, pp. 68–74.
13. Janjic Z.I. (1994). The step-mountain eta coordinate model: Further developments of the convection, viscous sublayer, and turbulence closure schemes. *Monthly weather review*, vol. 122, no. 5, pp. 927–945.
14. Kim J. et al. (2020). Evaluation of land-atmosphere processes of the Polar WRF in the summertime Arctic tundra. *Atmospheric research*, vol. 240, 104946. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104946>
15. Konstantinov P., Varentsov M., Esau I. (2018). A high density urban temperature network deployed in several cities of Eurasian Arctic. *Environmental Research Letters*, 3, 075007. Available at: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac884>
16. Magee N., Curtis J., Wendler G. (1999). The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 64, pp. 39–47
17. Martilli A., Clappier A., Rotach M.W. (2002). An urban surface exchange parameterisation for mesoscale models. *Boundary-layer meteorology*, vol. 104, pp. 261–304.
18. Masson-Delmotte V. et al. (eds.) (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, IPCC, pp. 3–32.
19. Niu G. Y. et al. (2011). The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 116, no. D12.
20. Peel M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A. (2008). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Science*, 11, pp. 1633–1644.
21. Reback J. et al. (2020). *pandas-dev/pandas: Pandas 1.0. 5*. Available at: <https://zenodo.org/records/3898987>
22. Ribeiro I., Martilli A., Falls M., Zonato A., Villalba G. (2021). Highly resolved WRF-BEP/BEM simulations over Barcelona urban area with LCZ. *Atmospheric Research*, vol. 248, 105220. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105220>
23. Salamanca F., Martilli A. (2010). A new building energy model coupled with an urban canopy parameterization for urban climate simulations —Part II. Validation with one dimension off-line simulations. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 99, pp. 345–356.
24. Skamarock W. C. et al. (2021). A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4.3 (No. NCAR/TN-556+STR), 148 p. Available at: <https://doi.org/10.5065/1dfh-6p97>
25. Slipenchuk M., Kirillov S., Vorobievskaya E., Sedova N. (2019). Anthropogenic pollution of the southern part of the Khibiny mountain massif and foothills. *IOP Conference Series.: Earth and Environmental Science*, 302, 012024.
26. Van Rossum G. et al. (1995). *Python reference manual*. Amsterdam: CWI, vol. 111, pp. 1–52.
27. Varentsov, M., Konstantinov, P., Baklanov, A., Esau, I., Miles, V., and Davy, R.: Anthropogenic and natural drivers of a strong winter urban heat island in a typical Arctic city, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 17573–17587, 2018 <https://doi.org/10.5194/acp-18-17573-2018>
28. Vorotilova P.G., Konstantinov P.I., Varentsov M.I., Timazhev A.V., Baklanov A.A. (2020). Study of surface-based temperature inversions in the city of Nadym (Western Siberia) with direct measurements and numerical simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 611, 012021. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/611/1/012021>
29. Vogel J., Afshari A. (2020). Comparison of urban heat island intensity estimation methods using urbanized WRF in Berlin, Germany. *Atmosphere*, vol. 11, no. 12, 1338 p. Available at: <https://doi.org/10.3390/atmos11121338>
30. Wolaver B. D., Sharp J. M. (2007). Thermochron iButton: Limitation of this inexpensive and small-diameter temperature logger. *Ground Water Monitoring and Remediation*, vol. 27, no. 3, pp. 127–128.

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

31. Yang Z. L. et al. (2011). The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 2. Evaluation over global river basins. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 116, no. D12.

32. Zhang T., Le C., Simeng L., Jiandong W. (2023). Evaluation of meteorological predictions by the WRF model at Barrow, Alaska and Summit, Greenland in the Arctic in April 2019. *Advances in Polar Science*, vol. 34, no. 4, pp. 352-367. Available at: <https://doi.org/10.12429/j.advps.2023.0006>

Статья поступила в редакцию: 04.06.24, одобрена после рецензирования: 05.09.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 4 June 2024; approved after review: 5 September 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторах

Павел Игоревич Константинов

кандидат географических наук,
доцент кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1;
старший научный сотрудник Лаборатории
моделирования средней и верхней атмосферы,
Российский Гидрометеорологический университет;
192007, Россия, г. Санкт-Петербург, Воронежская улица, 79;
доцент Университета МГУ–ППИ в Шэньчжэне,
518115, КНР Гуандун, г. Шэньчжень

e-mail: kostadini@mail.ru

Ален Арманович Коспанов

студент кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1;
Техник лаборатории моделирования верхней и средней
атмосферы, Российский государственный
гидрометеорологический университет
192007, Россия, г. Санкт-Петербург, Воронежская улица, 79

e-mail: kospanov.alen@gmail.com

Варвара Сергеевна Маратканова

Техник лаборатории моделирования верхней
и средней атмосферы,
Российский государственный гидрометеорологический
университет;
192007, Россия, г. Санкт-Петербург, Воронежская улица, 79;
студент кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: varvara.mar@yandex.ru

Иван Романович Бекряев

студент кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: ibekryaev@mail.ru

Анна Александровна Нариманидзе

студент кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: annanarimanidze1563@gmail.com

Information about the authors

Pavel I. Konstantinov

Candidate of Geographical Sciences, Associate
Professor, Department of Meteorology
and Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia
Senior Researcher, Laboratory for the Modeling of
Middle and High Atmosphere,
Russian State Hydrometeorological University;
79, Voronezhskaya st., St. Petersburg, 192007, Russia
Assistant Professor Shenzhen MSU-BIT University,
Shenzhen, Guangdong Province, PRC, 518115

Alen A. Kospanov

Master's Student, Department of Meteorology
and Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia
Technician, Laboratory for the Modeling of Middle
and High Atmosphere, Russian State
Hydrometeorological University;
79, Voronezhskaya st., St. Petersburg, 192007, Russia;

Varvara S. Maratkanova

Technician, Laboratory for the Modeling of Middle
and High Atmosphere, Russian State
Hydrometeorological University;
79, Voronezhskaya st., St. Petersburg, 192007, Russia;
Master's Student, Department of Meteorology
and Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Ivan R. Bekryaev

Bachelor's Student, Department of Meteorology
and Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Anna A. Narimanidze

Bachelor's Student, Department of Meteorology
and Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Метеорология

Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
 Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
 Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.

Артем Денисович Голиков

студент кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: artemgelios@gmail.com

Artem D. Golikov

Bachelor's Student, Department of Meteorology
 and Climatology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Владимир Евгеньевич Ермаков

студент кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: ermakov@yandex.ru

Vladimir E. Ermakov

Bachelor's Student, Department of Meteorology
 and Climatology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Мария Евгеньевна Зубова

студент кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: maria.zubova2712@gmail.com

Mariya E. Zubova

Master's Student, Department of Meteorology
 and Climatology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Анастасия Александровна Семёнова

аспирант кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет Московский
 государственный университет имени Ломоносова;
 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1;
 лаборант-исследователь, Центр стратегического
 планирования и управления медико-биологическими
 рисками здоровью» ФМБА России;
 119121, Россия, г. Москва, Погодинская ул., 10, с. 1
 e-mail: mos7kit@mail.ru

Anastasia A. Semenova

Postgraduate Student, Department of Meteorology
 and Climatology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia;
 Research Assistant, Centre for Strategic Planning and
 Management of Biomedical Health Risks at the
 Federal Medical-Biological Agency;
 10, bld. 1, Pogodinskaya st., Moscow, 119121, Russia

Ульяна Игоревна Антипина

младший научный сотрудник отдела мониторинга
 и вероятностного прогноза климата,
 Институт глобального климата и экологии
 им. академика Ю.А. Израэля;
 107258, Россия, г. Москва, Глебовская ул. 20Б;
 младший научный сотрудник лаборатории теории
 климата Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
 Российской академии наук;
 Пыжевский пер., 3, г. Москва, 119017
 e-mail: ant.ulya@yandex.ru

Uliana I. Antipina

Junior Researcher, Department of Climate Monitor-
 ing and Probabilistic Forecasting, Institute of Global
 Climate and Ecology named after Academician
 Yu.A. Israel;
 20B, Glebovskaya st., Moscow, 107258, Russia;
 Junior Researcher, Laboratory of Climate Theory,
 A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics of
 the Russian Academy of Sciences;
 3 Pyzhevskiy pereulok, Moscow, Russia

Игорь Владимирович Малютин

сотрудник кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: gomalytin@yandex.ru

Igor V. Malyutin

Researcher, Department of Meteorology and
 Climatology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Сергей Владимирович Шувалов

сотрудник кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: cyclonaut@ya.ru

Sergey V. Shuvalov

Researcher, Department of Meteorology and Clima-
 tology, Faculty of Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Дарья Юрьевна Гущина

доктор географических наук
 профессор кафедры метеорологии и климатологии,
 географический факультет, Московский
 государственный университет им. М.В. Ломоносова;
 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1
 e-mail: dasha155@mail.ru

Daria Yu. Gushchina

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Depart-
 ment of Meteorology and Climatology, Faculty of
 Geography,
 Lomonosov Moscow State University;
 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Метеорология

*Константинов П.И., Коспанов А.А., Маратканова В.С., Бекряев И.Р., Нариманидзе А.А.,
Голиков А.Д., Ермаков В.Е., Зубова М.Е., Семёнова А.А., Антипина У.И.,
Малютин И.В., Шувалов С.В., Гущина Д.Ю., Мухартова Ю.В.*

Юлия Вячеславовна Мухартова,

кандидат физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник
кафедры метеорологии и климатологии,
географический факультет, Московский
государственный университет им. М.В. Ломоносова;
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Yulia V. Muhartova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Leading Researcher, Department of Meteorology and
Climatology, Faculty of Geography,
Lomonosov Moscow State University;
1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

e-mail: muhartova@yandex.ru

Вклад авторов

Константинов П.И. – руководство полевыми измерениями, концепция исследования, обработка результатов, написание и коррекция текста статьи.

Коспанов А.А. – настройка модельного комплекса WRF-ARW, проведение вычислительных экспериментов, визуализация результатов.

Маратканова В.С. – проведение полевых измерений, обработка данных написание и коррекция текста статьи, визуализация результатов.

Бекряев И.Р. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Нариманидзе А.А. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Голиков А.Д. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Ермаков В.Е. – проведение полевых измерений.

Зубова М.Е. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов, визуализация результатов.

Семёнова А.А. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Антипина У.И. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Малютин И.В. – проведение полевых измерений, обработка данных, визуализация результатов.

Шувалов С.В. – проведение полевых измерений.

Гущина Д.Ю. – руководство полевыми измерениями, концепция исследования, обработка результатов.

Мухартова Ю.В. – руководство полевыми измерениями, концепция исследования, обработка результатов, написание и коррекция текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Pavel I. Konstantinov – supervision over field measurements; research concept; processing of the results; writing and proofreading of the text.

Alen A. Kospanov – setting up of the WRF-ARW modeling system; computational experiments; visualization of the results.

Varvara S. Maratkanova – field measurements; data processing; writing and editing of the text; visualization of the results.

Ivan R. Bekryaev – field measurements; data processing; visualization of the results.

Anna A. Narimanidze – field measurements, data processing, visualization of the results.

Artem D. Golikov – field measurements; data processing; visualization of the results.

Vladimir E. Ermakov – field measurements.

Mariya E. Zubova – field measurements; data processing; visualization of the results.

Anastasia A. Semenova – field measurements; data processing; visualization of the results.

Uliana I. Antipina – field measurements; data processing; visualization of the results.

Igor V. Malyutin – field measurements; data processing; visualization of the results.

Sergey V. Shuvalov – field measurements; data processing.

Daria Yu. Gushchina – supervision over field measurements; research concept; processing of the results.

Yulia V. Muhartova – supervision over field measurements; research concept; processing of the results; writing and proofreading of the text.

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

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 504.453+504.4.054

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-106-120

**ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОД
РЕКИ ЛОСОСИНКИ (Г. ПЕТРОЗАВОДСК)****Дмитрий Сергеевич Рыбаков**Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», г. Петрозаводск, Россия
rybakovd@krc.karelia.ru, SPIN-код: 8010-8790, AuthorID РИНЦ: 63119

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме загрязнения поверхностных вод. Цель работы – оценка влияния городской среды на элементный состав речных вод в сухую погоду и после дождя. Объектом исследования послужили воды реки Лососинки, протекающей как по лесным территориям, так и по территории города Петрозаводска. В мае 2018 г. (сухая погода) в зоне остаточного промышленного загрязнения в речных водах отмечались повышенные концентрации: Cu, Sb, Ag, Pb, Cr, Zn, Ni, V. В мае 2023 г. загрязнение речных вод в пределах лесных территорий отсутствовало. Выше по течению (город) возрастали концентрации Cd, U, Cu, Ag, Ti, Na, Pb и др. Установлена линейная зависимость элементного состава речных вод от состава коренных пород ($p = 0,014$), отмечена связь с катионным составом подземных вод (Na, Ca, Mg, Fe, K). После слабого дождя (июнь 2018 г.) ниже, чем в сухую погоду, оказались концентрации Hg, Sc, W, Ag, Th, Sn и Cd, выше – Na, Ca, U, Mg, Sr, P, As, Mo. После сильного дождя (октябрь 2023 г.) концентрации выросли в сотни (Ag), десятки (Pb, Nb, Zn, Hf, Co, Mn, Sn, Cu, ΣTR, Ti, Cd, Fe, V, Sb) и несколько (Zr, Ba, Ni, Cr, Th, U, As и др.) раз. В стоках с бывшей промышленной территории по сравнению с рекой превышались концентрации: W, Na, Mg, Mo, Li, Sb, K, Ca, Sr, Pb, U (от 29,2 до 3,0 раза). Содержание ΣTR, Ti, Co, V, Zn, Th, Zr было выше в водах реки (от 5,3 до 1,5).

Ключевые слова: химические элементы, загрязнение поверхностных вод, городская река, дождевые осадки, поверхностный сток

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт геологии КарНЦ РАН). Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

Для цитирования: Рыбаков Д.С. Влияние городской среды на элементный состав вод реки Лососинки (г. Петрозаводск) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 106–120. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-106-120

ECOLOGY AND NATURE USE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-106-120

**INFLUENCE OF THE URBAN ENVIRONMENT ON ELEMENTAL COMPOSITION
OF THE LOSOSINKA RIVER WATERS (THE CITY OF PETROZAVODSK)****Dmitry S. Rybakov**

Karelian Research Center RAS, Petrozavodsk, Russia

rybakovd@krc.karelia.ru, SPIN-code: 8010-8790, AuthorID (RSCI): 63119

Abstract. The article is devoted to the topical problem of surface water pollution. The study aims to assess the influence of the urban environment on the elemental composition of river waters in dry weather and after rain. The object of the study is the waters of the Lososinka River, flowing both through forested areas and through the territory of the city of Petrozavodsk. In May 2018 (dry weather) increased concentrations of Cu, Sb, Ag, Pb, Cr, Zn, Ni, and V were observed in the zone of residual industrial pollution in the river waters. In May 2023 there was noted no pollution of the river waters within the forested territories. Upstream (in the city) the concentrations of Cd, U, Cu, Ag, Ti, Na, Pb, etc. increased. The study established a linear dependence of the elemental composition of the river waters on the composition of bedrock ($p = 0.014$); a relationship with the cationic composition of groundwater (Na, Ca, Mg, Fe, K) was also noted. After a light rain (June 2018) Hg, Sc, W, Ag, Th, Sn, and Cd were found to have lower concentrations than in dry weather, while Na, Ca, U, Mg, Sr, P, As, and Mo showed higher concentrations. After a heavy rain (October 2023) the concentrations increased by hundreds (Ag), tens (Pb, Nb, Zn, Hf, Co, Mn, Sn, Cu, ΣTR, Ti, Cd, Fe, V, Sb), and several (Zr, Ba, Ni, Cr, Th, U, As, etc.) times. In the runoff from the former industrial area, in comparison with the river, the concentrations of W, Na, Mg, Mo, Li, Sb, K, Ca, Sr, Pb, and U were exceeded (from 29.2 to 3.0 times). The content of ΣTR, Ti, Co, V, Zn, Th, and Zr was higher in the river waters (from 5.3 to 1.5).

Keywords: chemical elements, surface water pollution, urban river, rainfall, surface runoff



Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

Funding. The research was financed from the federal funds allocated for the state assignment to be performed by the KarRC RAS (Institute of Geology at the Karelian Research Centre of the RAS). The studies were carried out on the scientific equipment of the Center for Collective Use of the Federal Research Center 'Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences'.

For citation: Rybakov, D.S. (2024). Influence of the urban environment on elemental composition of the Lososinka River waters (the city of Petrozavodsk). *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 106–120. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-106-120

Введение

Поступление химических элементов в поверхностные водные объекты обусловлено как природными, так и антропогенными факторами [2, 3, 4–8, 12, 13, 22, 27–30, 32–34]. Последние в разной степени вносят свой вклад на территории городов, в районах промышленной и сельскохозяйственной деятельности.

Загрязняющие вещества поступают в поверхностные воды вследствие донной и боковой эрозии, склонового стока с водосборов [3], стока через ливневую канализацию в населенных пунктах, сбросов предприятий, стоков с мест захоронения отходов [4, 7], выпадений из атмосферы, например Cd, что фиксируется, в частности, по разнице его концентраций в водах притоков Онежского озера – медиана 0,01 мкг/л, максимум 0,12 мкг/л и в снеговом покрове – 0,03 и 0,30 мкг/л соответственно [12].

Все больше внимания уделяется исследованию химического состава и качества вод малых рек урбанизированных территорий Севера России [2, 21, 24], рассматривается участие речного стока в составе комплекса источников загрязнения крупных водоемов [10, 11].

Важнейшими критическими факторами, с которыми связана интенсивность загрязнения водных объектов, являются погодно-климатические явления, в том числе атмосферные осадки [34].

Целью работы является оценка влияния городской среды на элементный состав речных вод в сухую погоду и после дождя. В связи с этим изучалось распределение химических элементов в речных водах в зависимости: 1) от наличия/степени загрязнения; 2) дождевых осадков разной интенсивности.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили поверхностные воды городской реки Лососинки, являющейся самым протяженным водотоком из всех малых рек и ручьев в районе г. Петрозаводска (рис. 1).

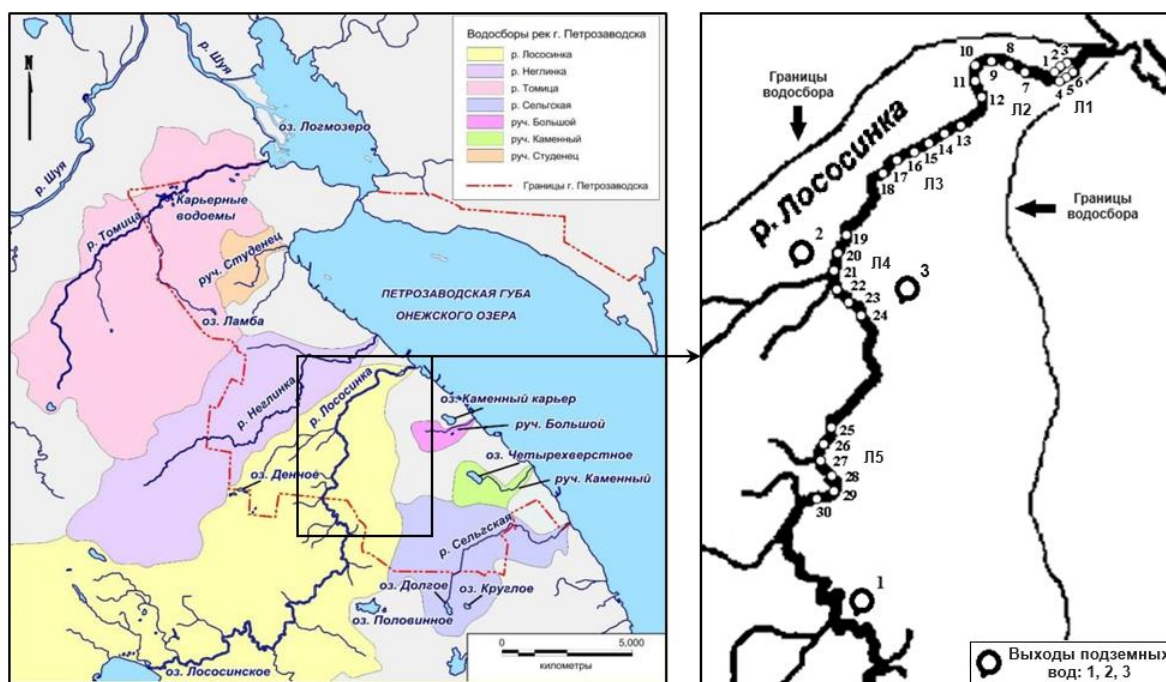


Рис. 1. Гидрографическая сеть Петрозаводска [2], расположение выходов подземных вод, участки (Л1...Л5) и точки (1...30) отбора проб речных вод. Родники: 1 – в 2 км южнее мкр. Кукковка, агробаза, 2 – Лососинское шоссе; колодец: 3 – ул. Совхозная, Курган

Fig. 1. Petrozavodsk hydrographic network [2], location of groundwater outlets, sites (Л1...Л5) and points (1...30) for sampling river waters. Springs: 1 – 2 km south of the Kukkovka microdistrict, agricultural base, 2 – Lososinskoye shosse (highway); a well: 3 – Sovkhoznoyа st., Kurgan

Река Лососинка вытекает из оз. Лососинского в 17 км от г. Петрозаводска. Длина реки – 25 км, площадь водосбора – 302 км². Бассейн расположен на западном побережье Онежского озера. Скорости течения колеблются от 0,1 м/с на плесах до 2,4 м/с на порогах. Глубина русла изменяется от 0,4–0,5 м на порожистых участках до 3 м и более на плесовых. Русло извилистое, зарастает слабо. Дно илистое и глинистое, на порогах валунное. Средний годовой расход воды в устье – 3,7 м³/с. Среднее многолетнее распределение объема годового стока: весна – 42 %, лето-осень – 38 %, зима – 20 % [2].

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

Река протекает в области развития нижнепротерозойских осадочных образований. В нижнем течении (в пределах г. Петрозаводска) это прежде всего песчаники и конгломераты петрозаводской свиты [16; 18]. По заимствованным данным Л.И. Тихомирова [24], в среднем в них содержится больше, чем в породах распространенной выше по течению шокшинской свиты (табл. 1): Mn, Pb, Ni, Co, Sn, Be, Zn, Cu, Sr, Ti, V, Mo, U, As, Fe. Для таких элементов, как Cr, Ba, Zr, Ga, Ag и Sc, соотношение содержания в породах названных свит обратное.

Таблица 1

Среднее содержание химических элементов в нижнепротерозойских породах, г/т [25]
The average content of chemical elements in the Lower Proterozoic rocks, ppm [25]

Свита	n	Mn	Pb	Ni	Co	Sn	Be	Zn	Cu	Sr	Ti	V
Шокшинская	32	70	4	20	5	2	0,7	22	40	38	1600	50
Петрозаводская	40	490	16	66	15	6	2	50	89	78	2750	72
Свита	n	Mo	U	As	Fe	Y	Cr	Ba	Zr	Ga	Ag	Sc
Шокшинская	32	2,2	2,3	8,5	31000	12	310	350	200	17	0,26	15
Петрозаводская	40	3	3	10	32000	12	260	268	145	12	0,12	5

В табл. 2 подобраны те выходы подземных вод на поверхность, положение которых совпадает с водосбором изучаемого водотока (рис. 1). Как известно, в Карелии водосборы поверхностных и подземных вод совпадают, движение подземных вод направлено от водоразделов к ближайшим поверхностным водотокам и водоемам, где происходит их разгрузка [1]. В связи с этим можно предполагать, что влияние подземного стока будет отражаться на концентрации химических элементов в поверхностных водах.

Таблица 2

Величина pH, состав катионов и минерализация подземных вод (по данным за 1993–2012 гг.) [2]
pH value, cation composition, and mineralization of groundwater (according to data for 1993–2012) [2]

Местоположение	pH	Na ⁺ , мг/л	K ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Fe _{общ.} , мг/л	Минерализация, г/л
2 км южнее мкр. Кукковка, агробаза (1)	6,9–7,1	6–7	1–1,4	30–37	17–19	1–3	0,27–0,31
Лососинское шоссе (2)	7,1–7,5	6–7	2–3	54–60	30–35	0,4–1	0,40–0,45
Ул. Совхозная (пр. Комсомольский), Курган (3)	5,9–6,7	15–26	2–4	18–30	10–16	< 0,1	0,19–0,27

Примечание. Цифры в скобках соответствуют номерам выходов подземных вод на рис. 1.

Note. Numbers in parentheses correspond to these indicating underground water outlets in Fig. 1.

Водная система р. Лососинки подвергается загрязнению поверхностными сточными водами. На протяжении 4 км загрязняющие вещества могут поступать в реку с интенсивно застроенной территории, в том числе из выпусков необорудованной очистными сооружениями ливневой канализации (рис. 2).

На рис. 3 представлена блок-схема, характеризующая процесс проведения настоящего исследования.

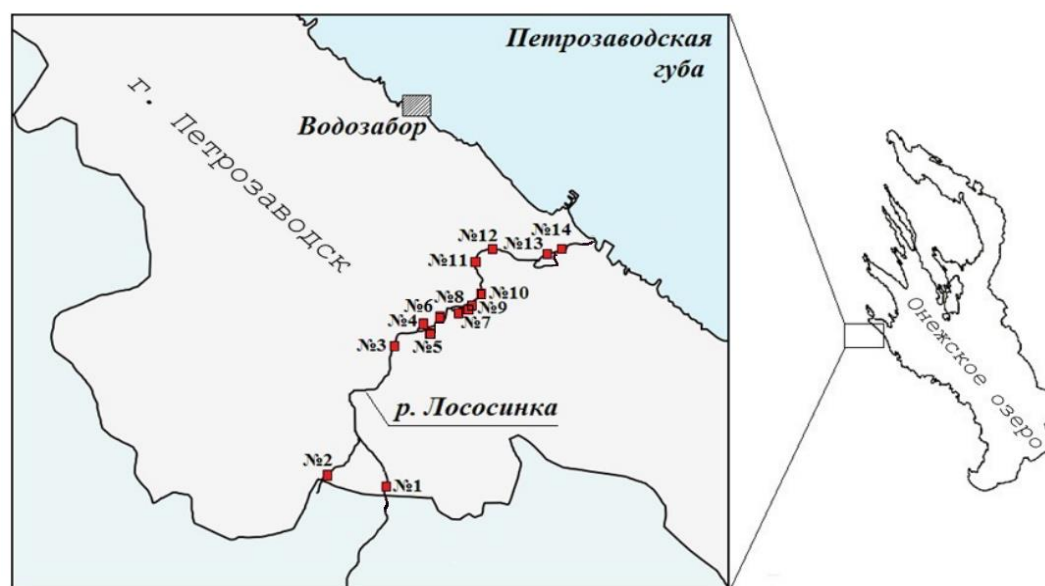


Рис. 2. Расположение выпусков ливневой канализации в р. Лососинку [24]

Fig. 2. Location of storm sewer outlets into the Lososinka River [24]

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

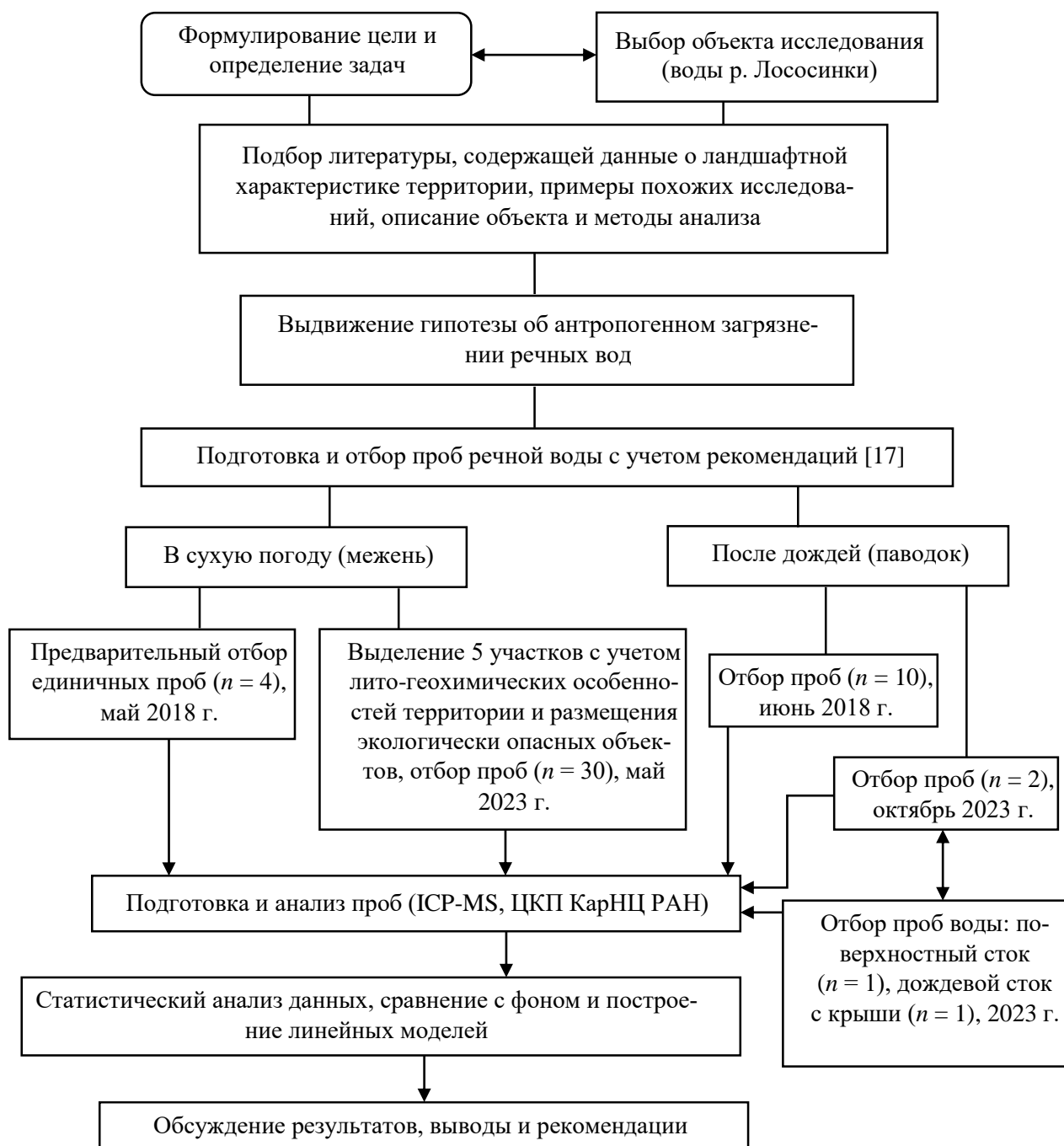


Рис. 3. Блок-схема методики исследования
Fig. 3. Block diagram of the research methodology

Изучено пространственное распределение химических элементов в водах пяти участков реки общей протяженностью 7,5 км (рис. 1): Л5 – парки Фонтаны и Лососинка (лесная территория), Л4 – Курган (лесная территория), Л3 – набережная Ла-Рошель (озелененные территории и жилая застройка), Л2 – бывшая площадка тракторного завода (центр города), Л1 – Французский пруд (центр города, русловое водохранилище).

Таким образом, пробы отбирались в пределах как условно чистых лесных, так и городских территорий. Всего отобрано 46 проб речной воды (14 – 2018 г., 32 – 2023 г.) и две типичные пробы дождевых стоков с площадки бывшего завода: 1) крыша здания без водостока, 2) поверхность земли.

Взятие проб речных вод осуществлялось с берега, что допустимо согласно действующим рекомендациям [17]. Отбор производился в конические полипропиленовые пробирки объемом 50 мл с винтовой крышкой. Пробы в течение двух дней выдерживались в холодильнике. Фильтрация проб не проводилась с целью сохранения более полной информации об их загрязнении.

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

Пробы исследовались в Центре коллективного пользования КарНЦ РАН с помощью метода ICP-MS. Для анализа использовались квадрупольные масс-спектрометры X-Series 2 (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany) & UP-266Macro Laser Ablation attachment (New Wave Research) (2018 г.) и Agilent 7900 ICP-MS (Agilent Technologies, Singapore) (2023 г.).

Получены данные по 62 химическим элементам. Для части элементов (27 – 2018 г., 26 – 2023 г.) рассчитаны средние геометрические концентрации, которые сравнивались с региональным фоном – средним геометрическим содержанием элементов в поверхностных водах подзоны средней тайги (Северо-Запад России). Фоновые значения получены рядом авторов [25] по 75 анализам методом ICP-MS в ходе международного проекта «Экогеохимия Баренцева региона». Еще ряд элементов (Hf, Hg, Nb, Sc, Se, Sn, Ti, W, Zr, сумма редких земель – ΣTR), для которых региональный фон не определен, изучались в связи с их неменьшей важностью для экологической и геохимической оценки. Оценена связь элементного состава вод разных участков реки с элементным составом коренных пород и содержанием главных катионов в подземных водах. Также дана оценка влиянию на элементный состав речных вод слабых и сильных дождевых осадков.

Расчеты и графические построения выполнены с помощью пакета «Анализ данных» программы Microsoft Excel. Соответствие распределения данных нормальному закону проверялось с помощью показателей асимметрии (K_A) и эксцесса (K_E) [14], наличие статистических аномалий – с помощью критерия Граббса (U) [31]. Распределение считалось близким к нормальному при выполнении условий $|K_A| \leq 3$ и $|K_E| \leq 3$, отсутствие или наличие квази- и статистических выбросов контролировалось путем сравнения $U_{\text{расч}}$ с табличными значениями двустороннего критерия Граббса при уровнях значимости (p) 0,05 ($U_{0,05}$) и 0,01 ($U_{0,01}$) соответственно. Сравнение выборок осуществлялось путем проверки статистической значимости различия выборочных средних с учетом различия или сходства выборочных дисперсий. Для этого использовались двусторонние вероятности для t -распределения Стьюдента (p_t) и F -распределения Фишера (p_F). Различия признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

В таблицах 3 и 4 приведены оценки средних концентраций химических элементов в водах р. Лососинки, полученные для разных участков (рис. 1) в 2018 и 2023 гг. соответственно.

Таблица 3

Концентрации химических элементов в воде р. Лососинки в сухую погоду и после дождя
Concentrations of chemical elements in the Lososinka River waters in dry weather and after rain

Элемент	Фоновое содержание, мг/м ³	Сухая погода, май 2018 г. (третья декада)				После дождя, участок Л2 (24 июня 2018 г.)		
		Участок Л2, мг/м ³ *	Участок Л1, мг/м ³	Отношение к фону		Левый берег, мг/м ³	Правый берег, мг/м ³	Отношение к фону (в среднем)
				Участок Л2	Участок Л1			
Ag	0,002	0,004/0,006	0,003	2,00/3,00	1,50	0,002	0,002	0,97
Al	118,5	80,8/174,1	91,7	0,68/ 1,47	0,77	64,6	61,0	0,55/0,51
As	0,49	0,707	0,731	1,44	1,49	1,28	1,08	2,62/2,21
Ba	10,92	6,21/8,85	7,44	0,57/0,81	0,68	10,92	10,36	0,97
Br	12,53	11,59	10,41	0,92	0,83	12,30	11,54	0,98/0,92
Ca	4541	5460	5731	1,20	1,26	13199	12093	2,91/2,66
Cd	0,01	0,0085	0,006	0,85	0,60	0,007	0,005	0,60
Co	0,17	0,072/0,151	0,087	0,42/0,89	0,51	0,088	0,078	0,52/0,46
Cr	0,44	0,527/0,798	0,602	1,20/1,81	1,37	0,694	0,637	1,51
Cu	0,61	1,21/3,22	1,30	1,98/5,27	2,13	1,13	1,23	1,93
Fe	1028	569,1	535,0	0,55	0,52	682,8	636,6	0,66/0,62
K	429,9	460,5	495,8	1,07	1,15	798,5	718,3	1,86/1,67
Hg	н/д	0,658	0,427	н/д	н/д	0,149	0,117	н/д
Li	0,75	0,802	0,739	1,07	0,99	1,11	1,06	1,45
Mg	1555	2221	2312	1,43	1,49	4416	4090	2,84/2,63
Mn	57,2	18,90/11,35	21,4	0,33/0,20	0,37	26,5	24,8	0,45
Mo	0,11	0,151/0,201	0,166	1,37/1,83	1,51	0,286	0,265	2,60/2,41
Na	1953	1822	1870	0,93	0,96	5385	4939	2,76/2,53
Ni	0,45	0,452/0,723	0,539	1,00/1,61	1,20	0,590	0,531	1,24
P	20,67	41,0	41,8	1,98	2,02	53,9	49,5	2,61/2,40
Pb	0,29	0,167/0,869	0,240	0,58/ 3,00	0,83	0,210	0,223	0,72/0,77
Sb	0,03	0,055/0,141	0,067	1,83/4,70	2,22	0,067	0,062	2,16
Sc	н/д	4,00	3,76	н/д	н/д	1,38	1,19	н/д
Se	н/д	0,631	0,534	н/д	н/д	0,573	0,464	н/д
Sn	н/д	0,031/0,076	0,037	н/д	н/д	0,021	0,021	н/д

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

Окончание таблицы 3

Элемент	Фоновое содержание, мг/м ³	Сухая погода, май 2018 г. (третья декада)				После дождя, участок Л2 (24 июня 2018 г.)		
		Участок Л2, мг/м ³ *	Участок Л1, мг/м ³	Отношение к фону		Левый берег, мг/м ³	Правый берег, мг/м ³	Отношение к фону (в среднем)
				Участок Л2	Участок Л1			
Sr	21,2	15,11	15,96	0,71	0,75	29,82	27,49	1,41/1,30
Ti	н/д	2,44/11,69	3,18	н/д	н/д	2,62	2,30	н/д
Th	0,04	0,028/0,42	0,029	0,70/ 1,05	0,73	0,020	0,023	0,50/0,58
Pt	0,005	0,0055	0,0040	1,10	0,80	0,0055	0,0044	1,11/0,87
U	0,03	0,045	0,047	1,50	1,57	0,090	0,095	3,09
V	0,56	0,390/0,829	0,455	0,70/ 1,48	0,81	0,576	0,544	1,03/0,97
W	н/д	2,14	1,66	н/д	н/д	0,792	0,648	н/д
Zn	5,09	1,64/8,95	2,08	0,32/ 1,76	0,41	1,80	1,65	0,32**
Zr	н/д	0,129/0,433	0,140	н/д	н/д	0,121	0,122	н/д
ΣTR	н/д	0,544/0,917	0,580	н/д	н/д	0,454	0,440	н/д
n	75	2	2			5	5	10(9**)

Примечание. 1. Расположение участков см. на рис. 1. 2. Фоновые значения – см. текст. 3. n – число проб. 4. *В связи с большим разбросом концентраций приводятся два значения (см. текст). 5. **Аномальная проба отобрана после дождя по левому берегу: Zn – 0,53 или 2,72 мг/м³ (статистический выброс по логарифмированному значению: $U_{расч} = 2,614 > U_{0,01} = 2,482$; n = 10). 6. н/д – нет данных.

Note. 1. See the location of the sites in Fig. 1. 2. Background values – see the text. 3. n – the number of samples. 4. *Two values are given due to the large concentration variation (see the text). 5. **Abnormal sample was taken after rain on the left bank: Zn – 0.53 or 2.72 mg/m³ (outlier by logarithmic value: $U_{calc} = 2.614 > U_{0.01} = 2.482$; n = 10). 6. н/д – no data available.

Особенности элементного состава вод р. Лососинки в сухую погоду. Как видно из табл. 3, концентрации ряда элементов в межень в разных точках на участке Л2 (речной поток) отличались друг от друга: Zn (в 5,5 раза) > Pb (5,2) > Ti (4,8) > Zr (3,4) > Cu (2,7) > Sb (2,6) > Sn (2,5) > Al (2,2) > V = Co (2,1) > ΣTR (1,7) > Ni (1,6) > Cr = Th = Ag (1,5) > Ba (1,4) > Mo (1,3). Меньшие из приведенных в таблице значений получены по левому берегу, большие – по правому, примыкающему к бывшей промплощадке. Исключение составил Mn, концентрация которого была в 1,7 раза выше у левого берега.

Через пять лет (табл. 4) в нижнем течении реки отмечено уменьшение среднего содержания: Sc (в 13,0 и 12,7 раза по участкам Л2 и Л1 соответственно), W (5,1 и 4,9), Sn (5,0 и 3,4), Cu (4,9 и 2,3), Zn (8,0 и 2,0), Ag (3,1 и 2,0), Cd (1,1 и 1,7), Pb (4,5 и 1,5), Ca (1,4 и 1,5), Fe (1,4 и 1,3), Sb (2,3 и 1,3), P (1,3) и увеличение – Mn (в 2,9 и 3,6 раза), Na (1,7), Sr, U (1,3 и 1,2).

Концентрации элементов увеличивались вниз по течению реки (табл. 4). При этом меньшие значения устанавливались в пределах лесных территорий, большие – на территории города.

Ряд элементов, концентрации которых в речном потоке повышались сильнее всего, выглядит следующим образом (Л2/Л1): Cd (7,7) > U (2,6) > Cu (1,8) > Nb (1,7) > Ag (>1,6) ≈ Hf (1,6) > **Na** ≥ Pb (1,5) > Ti ≥ Zn ≥ Th (1,4) > Ca ≥ Sr ≥ Co ≥ **Mg** ≥ Zr ≥ **K** (1,3) > V ≥ Sn ≥ **Mo** ≥ **Sb** ≥ ΣTR ≥ Ba (1,2). Из перечисленных элементов превышение известных фоновых значений (табл. 3) наблюдалось по U (участки Л3 и Л2), Na, Mg, K, Mo и Sb. К другим элементам, по которым региональный фон превышался, но концентрации изменялись в меньшей степени, отнесены **P**, **Cr** и **As**.

Таблица 4

Средние геометрические значения концентраций химических элементов в воде р. Лососинки
Geometric mean values of the concentrations of chemical elements in the Lososinka River waters

Элемент	Участки, мг/м ³ (отбор проб 22 мая 2023 г.)				
	Л5	Л4	Л3	Л2	Л1
Ag	< 0,000	< 0,000	< 0,001*	0,0016	0,0015
As	0,574	0,574	0,582	0,591	0,619
Ba	6,87	6,66	7,59	8,01	8,86
Ca	2869	3022	3688	3868	3933
Cd	0,001	0,002	0,003	0,008*	0,004
Co	0,063*	0,058	0,070	0,082	0,102
Cr	0,482*	0,501	0,532	0,550	0,574
Cu	0,250	0,288	0,362*	0,450	0,558*
Fe	400,1	398,4	406,6*	406,1	410,7
Hf	0,004	0,005	0,004	0,006	0,008

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

Окончание таблицы 4

Элемент	Участки, мг/м ³ (отбор проб 22 мая 2023 г.)				
	Л5	Л4	Л3	Л2	Л1
K	445,1	469,6	555,1	557,3	577,6*
Li	0,633	0,655	0,730	0,719	0,736
Mg	2045	2144	2495	2589	2612
Mn	39,1	34,3	42,5	43,7	75,9
Mo	0,133	0,151	0,160	0,162	0,170
Na	1997	2154	2849	3050	3268
Nb	0,007	0,007	0,007	0,012	0,018
Ni	0,426	0,413	0,437	0,468	0,485
P	31,9	32,1	32,7	31,5	33,2
Pb	0,078	0,077	0,087	0,116	0,157
Sb	0,036	0,032	0,037	0,042	0,049
Sc	0,281	0,292	0,301	0,308	0,296
Se	0,624	0,732	1,01	0,853*	0,466
Sn	0,009*	0,005	0,007*	0,011*	0,011
Sr	14,7	15,0*	18,5	19,3	19,7
Ti	1,86*	1,97	2,22	2,63*	3,24
Th	0,021	0,021	0,019	0,029	0,032
U	0,022	0,023	0,043	0,057	0,056
V	0,314	0,332	0,356	0,390	0,433
W	0,611	0,550	0,461	0,424	0,336
Zn	0,474	0,497	0,672	0,664	1,03
Zr	0,131	0,130	0,154	0,165	0,175
ΣTR	0,660	0,658	0,650	0,778	0,777
$U_{расч} > U_{табл}$	Co 0,084, Cr 0,768, Ti 2,59 Sn < 0,000	Sr 16,4	Ag 0,003 Fe 391,1 Cu 0,483 Sn «0»	Sn 0,095 Se 0,164 Cd < 0,000 Ti 4,69	Cu 1,02 K 690,9
<i>n</i>	6(5*)		6(5*)		6(5*)

Примечание. 5* – число проб после исключения статистических аномалий: $U_{расч} = 1,977-2,041 > U_{0,01} = 1,973$ (максимумы: Ag, Cr, Co, Ti, минимумы: Fe, Sn, Se, Cd), $U_{расч} = 1,890-1,981 > U_{0,05} = 1,887$ (максимумы: Cu, Ti, K, Sn, минимум: Sn).
Note. 5* – the number of samples after excluding statistical anomalies: $U_{calc} = 1,977-2,041 > U_{0,01} = 1,973$ (maxima: Ag, Cr, Co, Ti; minima: Fe, Sn, Se, Cd), $U_{calc} = 1,890-1,981 > U_{0,05} = 1,887$ (maxima: Cu, Ti, K, Sn; minimum: Sn).

Вниз по течению последовательно снижалась только концентрация W (табл. 4). В том числе это происходило несмотря на значительное содержание данного элемента в промышленно загрязненной почвенно-грунтовой толще в районе примыкания русла реки к бывшей промышленной площадке (участок Л2): в среднем для разных фракций крупности (от 1,0 до < 0,1 мм) 15,6–70,9 мг/кг при условном фоновом содержании в почвах города 1,06 мг/кг [20].

Связь элементного состава речных вод и коренных пород. На рисунке 4 показано распределение в речном потоке (участки Л5–Л2) и русловом водохранилище (участок Л1) концентраций U и главных катионов, характерных для природных вод.

Содержание U в породах петрозаводской свиты, определяющей лито- и гидрогеохимические особенности водосбора р. Лососинки в юго-восточной части г. Петрозаводска и на смежной территории, несколько выше по сравнению с распространенными в верхней части течения реки породами шокшинской свиты (табл. 1). Это обстоятельство в конечном итоге должно сказываться на распределении элемента в компонентах локальных геосистем. При этом следует учитывать высокую миграционную способность U в окислительной среде.

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

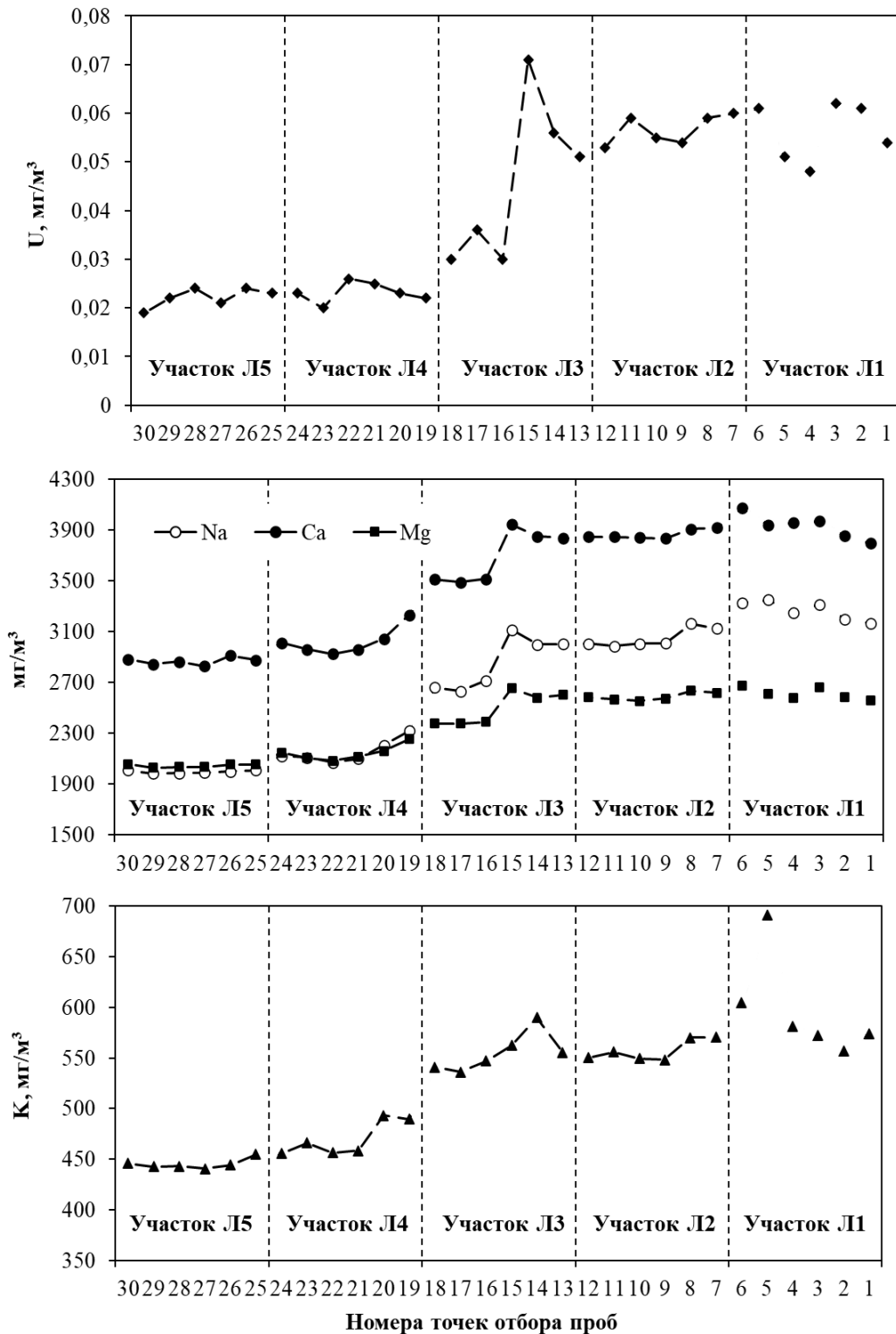


Рис. 4. Концентрации U, Na, Ca, Mg и K в воде р. Лососинки:
1. Наименование участков см. в табл. 2. 2. Расстояние между точками в пределах каждого участка 200 м.
3. Точки 1–3 – левый берег водохранилища, 4–6 – правый берег
Fig. 4. Concentrations of U, Na, Ca, Mg, and K in the waters of the Lososinka River:
1. See Table 2 for the names of the sites. 2. The distance between the points within each site is 200 m.
3. Points 1–3 – the left bank of the reservoir, 4–6 – the right bank

Для сопоставления изменчивости элементного состава коренных пород и речных вод сформированы две выборки значений логарифмов концентраций элементов в пробах, отобранных в речной воде в пределах лесных территорий (участки Л5 и Л4, $n = 12$) и центральной части города (точки 15, 14 и 13 участка Л3 и участок Л2, $n = 9$).

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

В первой выборке ($n = 12$) выделены статистически аномальные значения: $С_{Г_{\max}}$ ($U_{\text{расч}} = 3,090 > U_{0,01} = 2,636$), Sn_{\min} ($U_{\text{расч}} = 2,969$), Sr_{\max} ($U_{\text{расч}} = 2,894$), Sc_{\max} ($U_{\text{расч}} = 2,764$), $Со_{\max}$ ($U_{\text{расч}} = 2,615 > U_{0,05} = 2,412$). После их исключения для использованных элементов принят нормальный закон распределения: $|K_A| = 0,026-1,748$; $|K_E| = 0,027-1,172$.

Во второй выборке ($n = 9$) аналогично выделены: Mn_{\max} ($U_{\text{расч}} = 2,415 > U_{0,01} = 2,215$), Sn_{\max} ($U_{\text{расч}} = 2,387$), Ti_{\max} ($U_{\text{расч}} = 2,221$). После исключения статистических выбросов для использованных элементов также принят нормальный закон распределения: $|K_A| = 0,089-1,648$; $|K_E| = 0,031-1,569$.

На рис. 5 показана статистически значимая линейная связь между соотношениями содержания элементов в породах и соотношениями концентраций элементов в речных водах. Из данной зависимости исключены искажающие общую модель показатели для Mn ($C_{pt} / C_{sh} = 7,0$; $C_{город} / C_{лес} = 1,2$) и U ($C_{pt} / C_{sh} = 1,3$; $C_{город} / C_{лес} = 2,5$). Меньшие отклонения от модели, в целом не приведшие к потере статистической значимости, выявлены для Cu, Zn и Ni.

Оценка влияния подземного стока. Для оценки влияния подземного стока на катионный состав речных вод проведено сопоставление данных табл. 4 и рис. 4 с данными табл. 2. В целом на водосборе р. Лососинки (рис. 1) концентрации Na, K, Ca, Mg и Fe значительно выше в изливающихся на поверхность подземных водах по сравнению с водами реки.

Как следует из табл. 2, концентрации K, Ca и Mg в воде источника 2 выше, чем в воде источников 1 и 3, что отвечало росту концентраций этих же элементов в водах реки вниз по течению, начиная с последних точек участка Л4 (рис. 4). Среднее содержание Fe в речных водах достаточно стабильно, однако для этого элемента статистически значимо различались колебания его концентраций на лесных ($n = 12$) и городских участках ($n = 9$): $pF = 0,006$; $pt = 0,132$. Кроме того, в пределах участков Л5 и Л4 отмечено небольшое понижение концентраций Fe, что могло быть связано с относительно малыми концентрациями $Fe_{\text{общ}}$ в воде источника 3 (табл. 2).

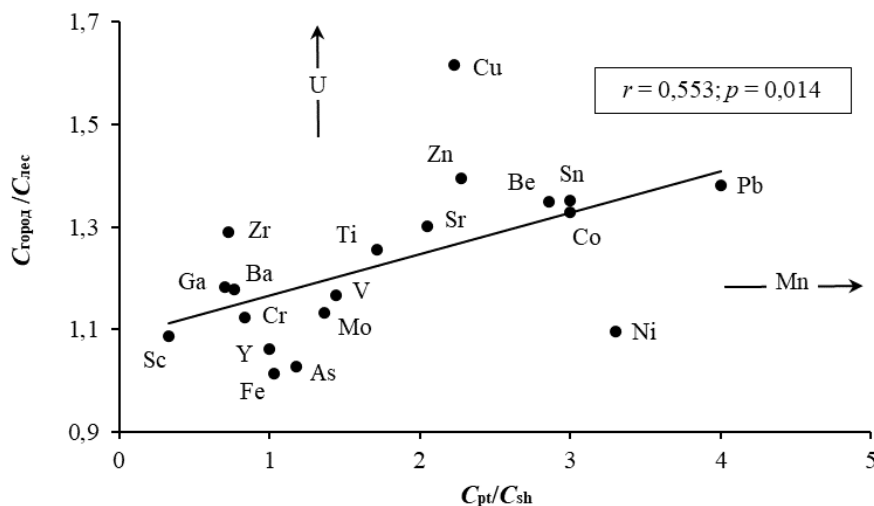


Рис. 5. Зависимость соотношений средних геометрических концентраций элементов в водах р. Лососинки в пределах центральной части г. Петрозаводска ($C_{город}$) и лесных территорий ($C_{лес}$)

от соотношений среднего содержания элементов в породах петрозаводской (C_{pt}) и шокшинской (C_{sh}) свит
Fig. 5. The dependence of the ratios between the average geometric concentrations of elements in the Lososinka River waters within the central part of Petrozavodsk ($C_{город}$) and forested areas ($C_{лес}$) on the ratios between the average content of element in the rocks of the Petrozavodskaya (C_{pt}) and Shokshinskaya (C_{sh}) suites

Пределы концентраций Na в источниках 1 и 2 одинаковы (табл. 2). Тем не менее в речной воде для этого элемента наблюдалась динамика, сходная с таковой для Ca, Mg и K (рис. 4). Это объясняется значительно более высокой концентрацией Na в воде источника 3 и в итоге смешением вод р. Лососинки на участке Л4 с подземными водами с различающимися соотношениями главных катионов.

Воды источников 2 и 3 сильно отличаются по величине pH , что сказывается на распределении в них и, соответственно, в связанных с подземными горизонтами водах реки химических элементов, включая ПТЭ. В целом поступающая в реку вода, состав которой характеризуется источником 3, является менее жесткой и одновременно более кислой.

Вниз по течению реки установлен рост величины Na/Ca соотношения: $0,686-0,725 \text{ мг/м}^3$ (лесные территории), $0,754-0,809 \text{ мг/м}^3$ (город, речной поток) и $0,816-0,850 \text{ мг/м}^3$ (город, русловое водохранилище). Таким образом, данный критерий может быть применен для оценки неоднородности химического состава речных вод.

Особенности элементного состава вод руслового водохранилища. В пределах руслового водохранилища (участок Л1) в воде сильнее всего, по сравнению с примыкающей выше по течению частью водотока (участок Л2), увеличивались концентрации (табл. 4): Mn (в 1,7 раза), Zn (1,5), Pb (1,4). Причем фон превышался

Экология и природопользование
Рыбаков Д.С.

только по Mn. Уменьшались концентрации: Cd (в 2,1 раза), Se (1,8), W (1,3). Между тем для участков Л1 и Л2 статистически значимыми оказались различия средних (здесь и далее вероятности рассчитаны по логарифмам концентраций с учетом различий дисперсий): по Na ($pF = 0,869$; $pt < 0,001$), Cu ($pF = 0,644$; $pt = 0,002$), Ba ($pF = 0,091$; $pt = 0,003$), Pb ($pF = 0,600$; $pt = 0,004$), Rb ($pF = 0,024$; $pt = 0,009$), Ti ($pF = 0,619$; $pt = 0,014$), Mn ($pF < 0,001$; $pt = 0,018$), K ($pF = 0,310$; $pt = 0,038$), Co ($pF = 0,011$; $pt = 0,049$) – увеличение концентраций, а также W ($pF = 0,185$; $pt = 0,039$) – уменьшение концентрации. Таким образом, наиболее очевидные статистически значимые различия средних зафиксированы по Na, дисперсий – по Mn.

Изменчивость элементного состава речных вод в результате выпадения дождевых осадков. После слабого дождя 4,3 мм за сутки концентрации элементов в воде реки, сильно различавшиеся в сухую погоду, выравнивались в сторону меньших значений (табл. 3). В то же время средние концентрации многих элементов у правого и левого берегов статистически значимо различались. Так, у *вогнутого левого берега* (со стороны заводского парка) были выше концентрации: Ca ($pF = 0,994$; $pt < 0,001$), Mg ($pF = 0,947$; $pt < 0,001$), Sr ($pF = 0,234$; $pt < 0,001$), Al ($pF = 0,912$; $pt = 0,001$), K ($pF = 0,110$; $pt = 0,002$), Na ($pF = 0,731$; $pt = 0,004$), V ($pF = 0,437$; $pt = 0,008$), Fe ($pF = 0,157$; $pt = 0,008$), W ($pF = 0,851$; $pt = 0,009$), Br ($pF = 0,149$; $pt = 0,009$), As ($pF = 0,150$; $pt = 0,013$), Co ($pF = 0,944$; $pt = 0,015$), Sc ($pF = 0,001$; $pt = 0,018$), Hg ($pF = 0,916$; $pt = 0,019$), Mo ($pF = 0,499$; $pt = 0,021$), Tl ($pF = 0,681$; $pt = 0,026$), P ($pF = 0,681$; $pt = 0,036$), Se ($pF = 0,843$; $pt = 0,043$). Для *выпуклого правого берега* (со стороны бывшей промплощадки) получены чуть большие концентрации Th ($pF = 0,058$; $pt = 0,042$) и Pb ($pF = 0,120$; $pt = 0,047$).

По данным 2018 г. (табл. 3), после дождя рост концентраций в нижнем течении реки составил (в среднем с учетом различий по берегам): Na (3,1–2,6 раза), Ca (2,4–2,2), U (2,2–2,0), Mg, Sr (2,0–1,8), Mn (1,4–2,2), As, K (1,8–1,5), Mo (1,9–1,3), Ba (1,8–1,2), Li (1,5–1,2), P (1,3–1,2). Одновременно снизилось содержание: Hg (в 4,7–5,2 раза), Sc (2,9–3,3), W (2,9–3,1), Ag (2,1–3,0), Sn (1,5–3,7), Th (1,4–1,8), Cd (1,2–1,7) и др.

Для определения особенностей изменчивости состава вод р. Лососинки во время сильного дождя (51,5 мм за сутки, кроме ночных часов) на участке Л2 (рис. 1) отобраны и проанализированы пробы речной воды, а также – в пределах бывшей заводской площадки – сточных вод с крыши заброшенного здания и с поверхности загрязненной почвенно-грунтовой толщи (табл. 5).

Таблица 5

Концентрации химических элементов в воде реки и поверхностных стоках с промышленно загрязненной территории во время сильного дождя, мг/м³ (по состоянию на 04.10.2023 г.)

Concentrations of chemical elements in the river waters and surface runoff from an industrially polluted area during heavy rain, mg/m³ (as of 4 October 2023)

Объект	W	Na	Mg	Mo	Li	Sb	K	Ca	Sr	Pb
Река 2	0,419	3404	3248	0,433	1,76	0,469	1642	7253	38,1	5,11
Река 1	0,436	3459	3250	0,451	1,69	0,552	1635	7227	37,9	8,89
Крыша	0,312	47,8	111,4	0,202	0,210	0,264	72,5	290,9	0,696	34,0
Сток	12,5	36505	31648	3,65	13,9	3,53	10039	43521	210,8	26,5
Сток/река	29,2	10,6	9,74	8,27	8,07	6,90	6,13	6,01	5,55	3,78
Объект	U	Ba	Sn	Cu	Fe	ΣTR	Ti	Co	V	Zn
Река 2	0,201	60,1	0,256	11,4	5530	14,5	46,6	2,77	4,84	34,1
Река 1	0,190	58,1	0,267	9,91	5333	14,1	46,3	2,75	4,64	30,4
Крыша	< 0,000	2,00	0,232	0,599	105,1	1,19	2,79	0,144	0,033	3,96
Сток	0,595	106,8	0,362	11,4	5716	2,68	11,3	0,697	1,42	15,7
Сток/река	3,04	1,81	1,38	1,07	1,05	1/5,35	1/4,10	1/3,96	1/3,34	1/2,06
Объект	Th	Zr	Cd	Mn	Ni	As	Cr	Nb	Hf	Ag
Река 2	0,148	1,33	0,126	1400	3,12	1,97	2,82	0,587	0,253	0,781
Река 1	0,133	1,29	0,107	1391	3,13	2,00	2,83	0,603	0,256	0,823
Крыша	0,045	0,293	0,279	4,14	0,40	< 0,000	0,219	0,512	0,216	0,774
Сток	0,073	0,847	0,086	1049	2,45	1,61	2,39	0,544	0,234	0,779
Сток/река	1/1,92	1/1,54	1/1,35	1/1,33	1/1,27	1/1,23	1/1,18	1/1,09	1/1,09	1/1,03

Примечание. Объекты: «Река 2» – вода р. Лососинки между точками 9 и 10 (рис.1), «Река 1» – то же между точками 8 и 9, «Крыша» – вода, стекающая с крыши здания без водостока (ул. Калинина, 1с43), «Сток» – сток в реку с поверхности нарушенной почвы без растительности.

Note. Objects: 'Река 2' – waters of the Lososinka River between points 9 and 10 (see Fig. 1), 'Река 1' – the same between points 8 and 9, 'Крыша' – water flowing down from the roof of a building without downpipes (Kalinina st., 1c43), 'Сток' – runoff into the river from the surface of disturbed soil without vegetation.

В поверхностных стоках выявлены (табл. 5) более высокие, чем в речном потоке, концентрации многих элементов, включая ПТЭ, которыми загрязнена территория бывшего завода: W, Mo, Sb, Pb, Sn и др. При этом в водах реки содержится больше: ΣTR, Ti, Co, V, Zn, Th, Zr и др.

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

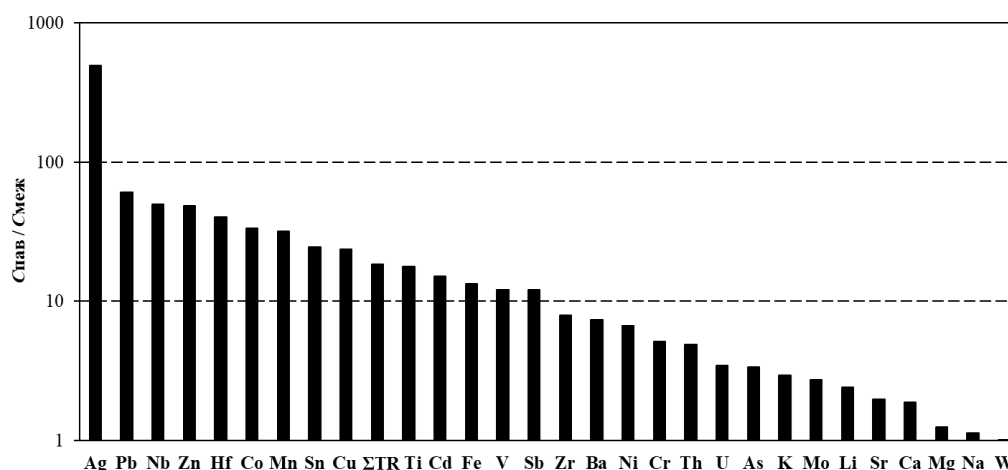


Рис. 6. Соотношения между концентрациями элементов в пробах речной воде, отобранных в октябрьский паводок (Спав) и майскую межень (Смеж): расчеты по участку Л2

Fig. 6. Ratios between the concentrations of elements in the river water samples during the October flood (Спав) and the May low water (Смеж): calculations for site Л2

Обращает на себя внимание резкое, по сравнению с данными для майской межени (табл. 4), увеличение концентраций в речных водах многих элементов из следующего ряда (рис. 6): Ag (в 495 раз), Pb (60,6), Nb (49,5), Zn (48,6), Hf (40,3), Co (33,6), Mn (31,9), Sn (24,4), Cu (23,6), ΣTR (18,4), Ti (17,7), Cd (15,1), Fe (13,4), V, Sb (12,1), Zr (7,93), Ba (7,38), Ni (6,68), Cr (5,14), Th (4,92), U (3,45), As (3,36), K (2,94), Mo (2,72), Li (2,40), Sr (1,97), Ca (1,87), Mg (1,25), Na (1,12), W (1,01).

В дождевой воде, стекающей с крыши здания, отмечены более высокие, чем в стоках, концентрации Cd и Pb (в 3,2 и 1,3 раза соответственно). Предположительно Cd может быть связан с атмосферным загрязнением, поскольку его концентрация в почвенно-грунтовой толще, по средним оценкам, в 2,4 раза ниже, чем в почвах г. Петрозаводска, в то время как Pb имеет локальное происхождение, связанное с выбросами литейного производства, функционировавшего в пределах заводской площадки [19].

Обсуждение

К особенностям природных вод р. Лососинки относится приуроченность их загрязнения в нижнем течении к зоне техногенно-измененных почв и грунтов. В частности, на участке, примыкающем к бывшей площадке тракторного завода, по состоянию на конец мая 2018 г. (сухая погода) в речных водах отмечаются высокие точечные концентрации потенциально токсичных элементов (превышение регионального фона в 5,3–1,5 раза по Cu, Sb, Ag, Pb, P, Zn, Mo, Cr, Ni, U, As, V), что может говорить о разгрузке загрязненных грунтовых вод в гипорейной зоне.

На конец мая 2023 г. (сухая погода) концентрации ПТЭ (кроме U) оказываются сниженными, а отношение к фону составляет: по U (1,9), Sb (1,4–1,6), P (1,5–1,6), Mo (1,5), Cr, As (1,2–1,3), Mn (до 1,3; увеличение в 2,3–3,9 раза). Для Pb и V превышений не установлено. Фоновые концентрации Sc, W и Sn в поверхностных водах для региона не определены, вместе с тем наиболее значительное уменьшение концентраций устанавливается именно по этим элементам (в 13–12,7; 5,1–4,9 и 7,1–2,9 раза соответственно). Причинами изменений могут быть: снижение загрязнения, разная интенсивность обменных процессов на границе «вода – дно», накопление биогенного Mn, в том числе его связь с диатомовыми комплексами [2; 19; 20].

В сухую погоду элементный состав вод р. Лососинки связывается прямой линейной зависимостью с составом распространенных в районе нижнепротерозойских пород. Предложенная модель представляет собой статистически значимую ($p = 0,014$) зависимость соотношений средних концентраций элементов в водах р. Лососинки в пределах центральной части г. Петрозаводска и лесных территорий от соотношений среднего содержания элементов в породах петрозаводской и шокшинской свит. Отклонения от этой модели, не приводящие к потере статистической значимости, связываются с загрязнением городской территории Cu, в меньшей степени Zn. Эти элементы, судя, в частности, по их высокому содержанию в снеговом покрове, в больших количествах поступают в реку с тальми водами и накапливаются в донных осадках, в том числе в подвижных формах [19]. Благодаря повышенному содержанию последних формируется механизм катионного обмена на границе «донные осадки – вода реки». На интенсивность обмена Cu, в меньшей степени Zn, между водой и донными осадками оказывает влияние фактор pH среды, при этом для Ni (и Fe) такой зависимости нет, что статистически подтверждается примером р. Свияги [5]. В целом авторами установлена большая способность воды реки к самоочищению от Ni, меньшая – от Cu и Zn.

Не согласуются с общей моделью Mn и U. Можно предположить, что относительно выровненные концентрации Mn в водах лесной и городской части реки связаны с биогеохимическим циклом этого элемента, накладывающимся на следствия лито- и гидрогеохимических процессов. По отношению к региональному фону в воде р. Лососинки Mn является дефицитным элементом.

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

Со своей стороны U также, как и главные катионы природных вод, обладает высокой миграционной способностью, что, вероятно, и приводит к обогащению им вод реки непропорционально по отношению к содержанию в геологических образованиях разных серий.

Изменения геолого-геохимической обстановки фиксируются в водах р. Лососинки в районе участка Л4 (лесной массив Курган). Так, если в пределах лесного участка Л5 (парки Фонтаны и Лососинка) изменчивость индикаторного Na/Ca соотношения определяется концентрацией в воде Ca, то под влиянием меняющегося ниже по течению состава пород и подземных вод она связывается с более интенсивным поступлением в речные воды Na по сравнению с Mg и Ca.

Под влиянием слабого кратковременного дождя наблюдается дополнительное поступление большого числа химических элементов в водоток с поверхностным стоком (увеличение от 3,1 до 1,2 раза): Na, Ca, U, Mg, Sr, Mn, As, K, Mo, Ba, Li, P. Одновременно в речной воде уменьшается (от 5,2 до 1,2 раза) содержание: Hg, Sc, W, Ag, Sn, Th, Cd. Эти временные изменения указывают на поступление в водоток подвижных и слабоподвижных элементов при уменьшении концентраций в воде реки наиболее важных ПТЭ.

Вынос щелочных и щелочноземельных металлов связывается не только с их естественным содержанием в почвах, но и с антропогенными «добавками» из разных источников. К последним относятся обломки имеющего щелочную реакцию строительного мусора (Ca), противогололедные реагенты (Na) и выбросы промышленных предприятий [26]. Концентрация Hg в воде может уменьшаться как в ходе ее аккумуляции в донных осадках в виде органических комплексов, так и в результате испарения из воды летучих форм металла, в частности диметилртути при $pH > 7$ [9].

Концентрации Cu и Zn в воде реки после кратковременного дождя остаются практически такими же, как и в сухую погоду (без учета аномальных значений), а Cd оказываются более низкими. Для Карелии отмечается [15] высокая удерживающая способность почв к Pb, Zn и Cd, в связи с чем они не поступают в водные объекты, а задерживаются на водосборной территории. Таким образом, этот вывод в случае слабых осадков согласуется с данными по территории г. Петрозаводска.

В результате сильного дождя (октябрь) концентрации многих элементов, включая ПТЭ, в воде реки на участке, примыкающем к бывшей промышленной площадке, оказываются многократно выше по сравнению с сухой погодой (май): Ag (в сотни раз) > Pb > Nb > Zn > Hf > Co > Mn > Sn > Cu (в десятки раз) > ΣTR > Ti > Cd > Fe > V = Sb (от 20 до 10 раз) > Zr > Ba > Ni > Cr (от 10 до 5) > Th > U > As > K > Mo > Li > Sr (от 5 до 2) > Ca (в 1,9 раза) > Mg (1,25) > Na (1,12) > W (1,01). В то же время концентрации элементов, больше связанных с природными источниками, за исключением W и Mo, локально загрязнивших почвы и грунты в результате прошлой промышленной деятельности [18, 19], отличаются не столь значительно.

Высокие концентрации ПТЭ и сопутствующих им литофильных элементов (Na, Mg, Li, K, Ca, Sr) наблюдаются в стоках, поступающих в реку с поверхности загрязненной почвенно-грунтовой толщ. В стоках больше, чем в речных водах, обнаруживается: W (в 29,2 раза) > Na (10,6) > Mg (9,7) > Mo (8,3) > Li (8,1) > Sb (6,9) > K (6,1) > Ca (6,0) > Sr (5,5) > Pb (3,8) > U (3,0) > Ba (1,8) > Sn (1,4). В водах реки между тем больше, чем в стоках, фиксируется: ΣTR (5,3) > Ti (4,1) > Co (4,0) > V(3,3) > Zn (2,1) > Th (1,9) > Zr (1,5) > Cd (1,4) > Mn (1,3) > As, Cr (1,2).

Часть ПТЭ осаждается и интенсивно накапливается в донных осадках. Так, содержание W в донных осадках р. Лососинки (город) в 6,5 раза выше, чем в осадках р. Шуи (пригород), Mo – в 4,7 раза [18].

Под воздействием сильного дождя в общий водный поток привносятся элементы, обычно мигрирующие совместно с Fe в органических комплексах и во взвешях, в том числе ΣTR, Ti, Co, V, Th, Zr и др.

Определение специфики загрязнения городских водных объектов является трудной задачей, поскольку повышение концентрации конкретного элемента, как отмечено выше, может носить как природный, так и антропогенный характер. Например, содержание в почвах As, привносимого в речные воды, достаточно велико не только на части территории г. Петрозаводска, но и на его окраинах, в относительно слабо нарушенных ландшафтах. В последних As обуславливает наличие локальных зон с высоким уровнем загрязнения [19].

Заключение

Таким образом, изучение химического (элементного) состава поверхностных вод городской р. Лососинки показало следующее:

1. Загрязнение речных вод практически отсутствует в пределах лесных массивов, но появляется и возрастает ниже по течению, что объясняется влиянием коренных пород, подземных вод и городской среды в целом. Как исключение, среднее содержание W в воде реки выше в пределах лесных участков и последовательно снижается вниз по течению.

2. На промышленно измененных участках возможно аномальное загрязнение вод тяжелыми металлами в количествах, превышающих региональный фон в 1,5–5,3 раза: Cu > Sb > Ag > Pb > Cr > Zn > Ni > V.

3. При прохождении слабых кратковременных дождевых осадков в воды городской реки попадает больше: U, Ca, Mg, Na, P, Sr, As и Mo. Одновременно уменьшаются концентрации таких потенциально опасных для биоты элементов, как Hg, Sc, W, Ag, Th, Sn и Cd, нивелируется точечное промышленно обусловленное загрязнение Zn, Pb, Cu, Sb и других ПТЭ.

4. В результате сильного дождя, наоборот, количество ПТЭ в водах реки резко возрастает: Ag >> Pb > Nb > Zn > Hf > Co > Mn > Sn > Cu > ΣTR > Ti > Cd > Fe > V = Sb > Zr > Ba > Ni > Cr и т. д., в то время как концентрации Na, Mg, Li, K, Ca, Sr увеличиваются довольно слабо.

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

Библиографический список

1. Бородулина Г.С. Родники Карелии – природные объекты научного и социального значения // Российский журнал прикладной экологии. 2022. № 4 (32). С. 53–65. doi: 10.24852/2411-7374.2022.4.53.65
2. Водные объекты города Петрозаводска: учеб. пособие / под ред. А.В. Литвиненко, Т.И. Регеранд. Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 2013. 109 с.
3. Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика / пер. с англ. А.Э. Габриэляна, Ю.А. Смирнова / под ред. К.К. Эдельштейна, М.И. Сахаровой.
4. Гурьев В.А., Ахмадиев Г.М. Научные основы и принципы сохранения и предотвращения загрязнения реки Волги // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2018. Т. 4, № 1. С. 132–136. doi: 10.5281/zenodo.1147039
5. Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под науч. ред. Е.С. Климова. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.
6. Двинских С.А., Китаев А.Б. Особенности формирования химического состава поверхностных вод гумидной зоны (на примере Пермского края) // Проблемы региональной экологии. 2011. № 5. С. 29–34.
7. Джамалов Р.Г., Медовар Ю.А., Юшманов И.О. Влияние полигона твердых бытовых отходов на качество подземных и поверхностных вод (на примере Владимирской области) // Сергеевские чтения: Выпуск 20: Обращение с отходами: задачи геоэкологии и инженерной геологии: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва, 22 марта 2018 г.). М.: Российский университет дружбы народов, 2018. С. 175–178.
8. Кожевникова Н.К., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Шамов В.В., Еловский Е.В., Касуров Д.А. Микроэлементы в речных водах горнолесных бассейнов (юг Дальнего Востока России) // Известия ТПУ. 2022. Т. 333, № 6. С. 190–205. doi: 10.18799/24131830/2022/6/3548
9. Кузубова Л.И., Шувалева О.В., Аношин Г.Н. Метилртуть в окружающей среде (распространение, образование в природе, методы определения): анализ. обзор / ГПНТБ СО РАН. Ин-т неорг. химии. Аналит. центр Объедин. ин-та геологии, географии и минералогии СО РАН. Сер. Экология. Новосибирск, 2000. Вып. 59. 82 с.
10. Лозовик П.А. Антропогенные нагрузки на Онежское озеро от различных источников формирования химического состава воды // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения: сб. науч. тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Сочи, 2–7 окт. 2017 г.). М., 2017. С. 378–384.
11. Лозовик П.А., Кулик Н.В., Ефременко Н.А. Литофильные элементы и тяжелые металлы в Онежском озере: источники поступления, содержание и трансформация // Труды КарНЦ РАН. 2020. № 4. С. 62–73. doi: 10.17076/lim1189
12. Лозовик П.А., Шкитерова О.Ф., Зобков М.Б., Платонов А.В. Геохимические особенности поверхностных вод Карелии и их классификация по химическим показателям // Труды КарНЦ РАН. 2006. № 9. С. 130–143.
13. Мазухина С.И., Маслобоев В.А., Сандимиров С.С., Пожиленко В.И., Иванов С.В. Формирование химического состава поверхностных вод в Арктике на примере озера Инари и реки Паз // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20, № 1–2. С. 252–260. doi: 10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-252-260
14. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 364.
15. Потапов И.Ю. Роль атмосферных осадков в формировании химического состава поверхностных вод Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 134–137.
16. Р-(35),36 (Петрозаводск) Государственная геологическая карта Российской Федерации. Третье поколение. Балтийская серия. Геологическая карта дочетвертичных образований, масштаб: 1 : 1 000 000. ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2015. / под ред. Ю.Б. Богданова. URL: <http://www.geokniga.org/maps/17327> (дата обращения: 29.03.2020)
17. Рекомендации Р 52.24.353–2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Ростов н/Д, 2012. 36 с.
18. Рыбаков Д.С., Крутских Н.В. Геоэкологические закономерности распределения молибдена и вольфрама при антропогенной трансформации геосистем Прионежья // Географический вестник. 2021. № 1 (56). С. 81–95. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-81-95
19. Рыбаков Д.С., Крутских Н.В., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Слуковский З.И., Кричевцова М.В., Лазарева О.В. Климатические и геохимические аспекты формирования экологических рисков в Республике Карелия / отв. ред. А.В. Яблоков. СПб: Изд-во «ЭлекСис», 2013. 130 с.
20. Рыбаков Д.С., Шелехова Т.С. Диатомеи в донных осадках – индикаторы загрязнения водных экосистем в условиях урбанизации // Экология. Екатеринбург, 2014. № 1. С. 45–52. doi: 10.7868/S0367059714010119
21. Рыжков Л.П., Горохов А.В., Марченко Л.П. Трансформация химического состава вод реки Лососинки под воздействием природных и антропогенных факторов // Ученые записки ПетрГУ. Серия: Естественные и технические науки. 2012. Т. 1, № 8. С. 20–24.
22. Саэт Ю.Е., Алексинская Л.Н., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 74 с.
23. Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. / отв. ред. Н.Н. Филатов и др. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 188 с.
24. Теканова Е.В., Макарова Е.М., Калинин Н.М. Экологическая оценка качества воды урбанизированного притока Онежского озера по химическим показателям // Вода и экология: проблемы и решения. 2021. № 3 (87). С. 75–84. doi: 10.23968/2305-3488.2021.26.3.75-84
25. Томиллина О.В., Паламарчук С.Ф., Яхнин Э.Я., Егоров А.И. Геохимическое картирование севера европейской территории России в рамках международной программы «Экогеохимия Баренцева региона» и проведение опережающего этапа составления геохимических основ Госгеолкарты-1000 третьего поколения на листы Р-35,36. Том 2: Отчет о научно-исследовательской работе / отв. исп. В.А. Чекушин. СПб, 2004. 146 с.
26. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Эколого-микробиологическая оценка состояния почв города Петрозаводска. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 96 с.
27. Akhtar N., Syakir Ishak M.I., Bhawani S.A., Umar K. Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review // Water. 2021. Vol. 13, No. 19: 2660. doi: 10.3390/w13192660
28. Castro M.F., Almeida C.A., Bazán C., Vidal J., Delfini C.D., Villegas L.B. Impact of anthropogenic activities on an urban river through a comprehensive analysis of water and sediments // Environ. Sci. Pollut. Res. 2021. Vol. 28, No. 2. P. 37754–37767. doi: 10.1007/s11356-021-13349-z

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

29. Chalov S., Platonov V., Erina O., Moreido V., Samokhin M., Sokolov D., Tereshina M., Yarinich Y., Kasimov N. Rainstorms impacts on water, sediment, and trace elements loads in an urbanized catchment within Moscow city: case study of summer 2020 and 2021 // *Theor. Appl. Climatol.* 2023. Vol. 151, Iss. 1. P. 871–889. doi: 10.1007/s00704-022-04298-9
30. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters / Eds H.D. Holland, K.K. Turekian. Treatise on geochemistry. Oxford: Elsevier-Perгамон, 2003. P. 225–272.
31. Grubbs F.E. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples // *Technometrics*. 1969. Vol. 11, No. 1. P. 1–21. doi: 10.1080/00401706.1969.10490657
32. Khatri N., Tyagi S. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas // *Front. Life Sci.* 2015. Vol. 8, No. 1. P. 23–39. doi: 10.1080/21553769.2014.933716
33. Kulik N.V., Efremenko N.A., Belkina N.A., Strahovenko V.D., Gatskaya E.V. Geochemical features of river runoff and its influence on sedimentation processes in Lake Onego // *Limnology and Freshwater Biology*. 2022. No. 4. P. 1453–1455. doi: 10.31951/2658-3518-2022-A-4-145
34. Nabi M.M., Wang J., Baalousha M. Episodic surges in titanium dioxide engineered particle concentrations in surface waters following rainfall events // *Chemosphere*. 2021. 263:128261. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128261

References

1. Borodulina G.S. (2022), “Springs of Karelia – natural objects of scientific and social significance”, *Russian journal of applied ecology*, no. 4(32), pp. 53–65. doi:10.24852/2411-7374.2022.4.53.65.
2. Litvinenko A.V., Regerand T.I. (eds) (2013), *Vodnye ob'ekty goroda Petrozavodsk* [Water bodies of Petrozavodsk city], KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia.
3. Edel'shteyn K.K., Sakharova M.I. (eds) (1989), *Vosstanovlenie i okhrana malykh rek: Teoriya i praktika* [The Restoration of Rivers and Streams: Theories and Experience], transl. from eng. A.E. Gabrielyan, Yu.A. Smirnov, Agropromizdat, Moscow, Russia.
4. Gur'ev V.A., Akhmadiev G.M. (2018), “Scientific principles and principles of preservation and prevention of pollution of the Volga River”, *Bulletin of Science and Practice*, vol. 4, no. 1, pp. 132–136. doi:10.5281/zenodo.1147039.
5. Davydova O.A., Klimov E.S., Vaganova E.S., Vaganov A.S. (2014), *Vliyaniye fiziko-khimicheskikh faktorov na sodержaniye tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh* [Influence of Physical-Chemical Factors on the Content of Heavy Metals in Aquatic Ecosystems], Klimov E.S., Ed., UISTU, Ulyanovsk, Russia.
6. Dvinskikh S.A., Kitaev A.B. (2011), “Features of formation of the chemical composition of surface waters of the humid zone (for example Perm edge)”, *Problems of regional ecology*, no. 5, pp. 29–34.
7. Dzhamalov R.G., Medovar Yu.A., Yushmanov I.O. (2018), The impact of a solid waste landfill on the quality of underground and surface waters (on the example of the Vladimirskiy region), [Sergeyev's Readings : Issue 20 : Waste Management: Problems of geoecology and engineering geology. Materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on problems of Geoecology, Engineering Geology and Hydrogeology (Moscow, March 22, 2018)], Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia, pp. 175–178.
8. Kozhevnikova N.K., Boldeskul A.G., Lutsenko T.N., Shamov V.V., Elovskiy E.V., Kasurov D.A. (2022), “Microelements in river water of mountain-forest basins (southern Russian Far East).”, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, vol. 333, no. 6, pp. 190–205. doi:10.18799/24131830/2022/6/3548.
9. Kuzubova L.I., Shuvaeva O.V., Anoshin G.N. (2000), *Prostranstvennyy analiz zagryazneniya akvatorii Finskogo zaliva v tekhnologii GIS* [Methylmercury in the environment (distribution, formation in nature, methods of determination)], GPNTB SB RAS, Novosibirsk, Russia.
10. Lozovik P.A. (2017), Anthropogenic loads on Lake Onega from various sources of formation of the chemical composition of water, [Water Resources: New Challenges and Solutions: Collection of Scientific Works Dedicated to the Year of Ecology in Russia and the 50th Anniversary of the Institute of Water Problems, Russian Academy of Sciences, Sochi, 2–7 October 2017], Lik Ltd., Novocherkassk, Russia, pp. 378–384.
11. Lozovik P.A., Kulik N.V., Efremenko N.A. (2020), “Lithophile elements and heavy metals in Lake Onego: sources, concentrations and transformation”, *Proceedings of KarRC of RAS*, no. 4, pp. 62–73. doi:10.17076/lim1189.
12. Lozovik P.A., Shkiperova O.F., Zobkov M.B., Platonov A.V. (2006), “Geochemical properties of Karelian surface water and their classification by chemical parameters”, *Proceedings of KarRC of RAS*, no. 9, pp. 130–143.
13. Mazukhina S.I., Masloboev V.A., Sandimirov S.S., Pozhilenko V.I., Ivanov S.V. (2017), “Forming chemical composition of surface waters in the Arctic. Case study of Lake Inari and the River Paz”, *Vestnik of MSTU*, vol. 20, no. 1–2, pp. 252–260. doi:10.21443/1560-9278-2017-20-1/2-252-260.
14. Plokhinskii N.A. (1970), *Biometriya* [Biometrics], MGU Publ. Moscow, Russia.
15. Potapova I.Yu. (2011), “The role of atmospheric precipitation in the formation of the chemical composition of Karelian surface waters”, *Proceedings of KarRC of RAS*, no. 4, pp. 134–137.
16. Bogdanov, Yu.B. (ed.) (2015), *P-(35),36 (Petrozavodsk) Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Tret'e pokolenie. Baltijskaya seriya. Geologicheskaya karta dochetvertichnykh obrazovaniy, masshtab: 1:1 000 000* [P-(35),36 (Petrozavodsk) State Geological Map of the Russian Federation, Scale 1:1,000,000. Third generation. The Baltic series. Geological map of pre-Quaternary formations], FSBI VSEGEI, St. Petersburg, Russia, available at: <http://www.geokniga.org/maps/17327> (Accessed 29 March 2020).
17. *Rekomendatsii R 52.24.353–2012. Otkor prob poverkhnostnykh vod sushi i ochishchennykh stochnykh vod* [Sampling of land surface water and treated wastewater], Rosgidromet, FGBU “GKHI”, Rostov-on-Don, Russia.
18. Rybakov D.S., Krutskikh N.V. (2021), “Geoecological regularities of the molybdenum and tungsten distribution during anthropogenic transformation of the geosystems of Prionezhye”, *Geographical Bulletin*, no. 1(56), pp. 81–95. doi:10.17072/2079-7877-2021-1-81-95.
19. Rybakov D.S., Krutskikh N.V., Shelekhova T.S., Lavrova N.B., Slukovsky Z.I., Krichevstova M.V., Lazareva O.V. (2013), *Klimaticheskie i geokhimicheskie aspekty formirovaniya ehkologicheskikh riskov v Respublike Kareliya* [Climatic and Geochemical Aspects of Environmental Risks Formation in the Republic of Karelia], ElekSis Ltd., St. Petersburg, Russia.
20. Rybakov D.S., Shelekhova T.S. (2014), “Diatoms in bottom sediments as indicators of pollution of urban aquatic ecosystem”, *Russian Journal of Ecology*, no. 1, pp. 45–52. doi:10.7868/S0367059714010119.

Экология и природопользование

Рыбаков Д.С.

21. Ryzhkov L.P., Gorokhov A.V., Marchenko L.P. (2012), "Transformation of Chemical Composition of the Waters of the Lososinka River Under the Effect of Natural and Anthropogenic Factors", *Proceedings of Petrozavodsk state university. Natural & Engineering sciences*, vol. 1, no. 8, pp. 20–24.
22. Saet Yu.E., Aleksinskaya L.N., Yanin E.P. (1982), *Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoy otsenke zagryazneniya poverkhnostnykh vodotokov khimicheskimi elementami* [Methodological recommendations for the geochemical assessment of surface water pollution by chemical elements], M.: ИМГРЭ.
23. Filatov N.N. et al. (eds) (1998), *Sovremennoe sostoyanie vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya. Po rezul'tatam monitoringa 1992–1997 gg.* [Current state of water objects in the Republic of Karelia based on monitoring results of 1992–1997], KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia.
24. Tekanova E.V., Makarova E.M., Kalinkina N.M. (2021), "Ecological assessment of water quality in the Onego Lake urban tributary by chemical indicators", *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and ecology: problems and solutions], no. 3(87), pp. 75–84. doi:10.23968/2305-3488.2021.26.3.75-84.
25. Tomilina O.V., Palamarchuk S.F., Yakhnin E.Ya., Egorov A.I. (2004), *Geokhimicheskoe kartirovanie severa evropeyskoy territorii Rossii v ramkakh mezhdunarodnoy programmy «Ekogeokhimiya Barentseva regiona» i provedenie operzhayushchego etapa sostavleniya geokhimicheskikh osnov Gosgeolkarty-1000 tret'ego pokoleniya na listy R-35,36* [Geochemical Mapping of the North of the European territory of Russia within the framework of the international program "Ecogeochemistry of the Barents Region" and conducting the advanced stage of compiling the geochemical bases of the state geolcarta-1000 of the third generation on sheets P-35,36]. Vol. 2: Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote [Report on research work]. St. Petersburg, Russia.
26. Fedorets N.G., Medvedeva M.V. (2005), *Ekologo-mikrobiologicheskaya otsenka sostoyaniya pochv goroda Petrozavodsk* [Eco-microbiological assessment of the status of soil in the city of Petrozavodsk], KarRC of RAS, Petrozavodsk, Russia.
27. Akhtar N., Syakir Ishak M.I., Bhawani S.A., Umar K. (2021), "Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review", *Water*, vol. 13, no. 19: 2660. doi:10.3390/w13192660.
28. Castro M.F., Almeida C.A., Bazán C., Vidal J., Delfin C.D., Villegas L.B. (2021), "Impact of anthropogenic activities on an urban river through a comprehensive analysis of water and sediments", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 28, no. 2, pp. 37754–37767. doi:10.1007/s11356-021-13349-z.
29. Chalov S., Platonov V., Erina O., Moreido V., Samokhin M., Sokolov D., Tereshina M., Yarinich Y., Kasimov N. (2023), "Rainstorms impacts on water, sediment, and trace elements loads in an urbanized catchment within Moscow city: case study of summer 2020 and 2021", *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 151, iss. 1, pp. 871–889. doi:10.1007/s00704-022-04298-9.
30. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. (2003), "Trace elements in river waters", H.D. Holland, K.K. Turekian, Eds, "Treatise on geochemistry", Oxford: Elsevier-Pergamon, pp. 225–272.
31. Grubbs F.E. (1969), "Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples", *Technometrics*, vol. 11, no. 1, pp. 1–21, doi:10.1080/00401706.1969.10490657.
32. Khatri N., Tyagi S. (2015), "Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas", *Front. Life Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 23–39. doi:10.1080/21553769.2014.933716.
33. Kulik N.V., Efremenko N.A., Belkina N.A., Strahovenko V.D., Gatalskaya E.V. (2022), "Geochemical features of river runoff and its influence on sedimentation processes in Lake Onego", *Limnology and Freshwater Biology*, no. 4, pp. 1453–1455. doi:10.31951/2658-3518-2022-A-4-1453.
34. Nabi M.M., Wang J., Baalousha M. (2021), "Episodic surges in titanium dioxide engineered particle concentrations in surface waters following rainfall events", *Chemosphere*, 263:128261. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.128261.

Статья поступила в редакцию: 27.09.23, одобрена после рецензирования: 22.07.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 27 September 2023; approved after review: 22 July 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Дмитрий Сергеевич Рыбаков

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник Института геологии,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»;
185910, Россия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Information about the author

Dmitry S. Rybakov

Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences,
Senior Scientist, Institute of Geology, Karelian
Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, Russia;

11, Pushkinskaya st., Petrozavodsk, Republic
of Karelia, 185910, Russia

e-mail: rybakovd@krc.karelia.ru

Экология и природопользование
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

Научная статья

УДК 579.26:579.8:911.9

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-121-132

ОСОБЕННОСТИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПОСТУПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

Дарья Олеговна Егорова¹, Юлия Владимировна Хотяновская²

^{1,2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

¹ daryao@rambler.ru, Scopus Author ID: 36622279600, ResearcherID: AAF-5550-2019, AuthorID РИНЦ: 119197, SPIN-код: 9450-7883

² 89082412863@yandex.ru, Scopus Author ID: 57211204006, ResearcherID: GZA-9581-2022, AuthorID РИНЦ: 903196, SPIN-код: 3021-9540

Аннотация. Река Каменка протекает по территории Кокуйского газонефтяного месторождения. Уникальной особенностью данной территории является наличие карстовых процессов в подлежащих породах. Вследствие этого нефть распространяется в подземных горизонтах на значительные удаления от мест нефтедобычи и выходит на поверхность почв и в русло рек на участках, не связанных с эксплуатацией нефтяных скважин. Длительное присутствие углеводородов нефти в почвах и донных отложениях приводит к сукцессионным изменениям в составе ценозов. Наиболее быстро реагируют микробиоценозы в силу экологической пластичности бактерий. В рамках представленного исследования изучен состав бактериальных сообществ донных отложений реки Каменки. Анализ микробиоценозов осуществляли на основе данных высокопроизводительного секвенирования, а также с применением классических микробиологических методов, позволяющих выделить основные экологотрофические группы. Пробоотбор осуществляли в месте выхода нефтяных углеводородов в русло реки, а также выше и ниже по течению. Концентрация нефти в отобранных образцах составляла 2,4–25,8 г/кг. Установлено, что доминантами в исследуемых сообществах по численности фило типов являются представители *Proteobacteria* (16,7–30,3 %), среди которых выявлены классы *Alphaproteobacteria* (3,2–8,7 %) и *Gammaproteobacteria* (13,4–21,5 %). Наибольшим филогенетическим разнообразием, согласно значениям индексов Шеннона и Симпсона, характеризуется микробиоценоз района выхода нефтяных углеводородов. Установлено, что в сообществах присутствует группа микроорганизмов, составляющая основу микробиоценозов данного района исследований, и есть варибельная группа, состав которой зависит от селективных факторов, изменяющихся по течению реки. В составе микробных сообществ доля нефтеокисляющих микроорганизмов варьировала в пределах 0,02–16,0 % и находилась в прямой корреляционной зависимости от концентрации углеводородов в донных отложениях. Анализ метаболического потенциала культивируемых микроорганизмов показал наличие аэробных бактерий, способных использовать в качестве источника углерода соединения ароматического ряда.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, микробиом, бактериальное сообщество, метагеномный анализ, донные отложения

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Пермского края № 24-17-20025.

Для цитирования: Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В. Особенности бактериальных сообществ донных отложений в районе хронического поступления углеводородов // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 121–132. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-121-132

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-121-132

FEATURES OF BACTERIAL COMMUNITIES OF BOTTOM SEDIMENTS IN THE AREA OF CHRONIC HYDROCARBON ENTRY

Darya O. Egorova¹, Yuliya V. Khotyanovskaya²

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

¹ daryao@rambler.ru, Scopus Author ID: 36622279600, ResearcherID: AAF-5550-2019, AuthorID (RSCI): 119197, SPIN-code 9450-7883

² 89082412863@yandex.ru, Scopus Author ID: 57211204006, ResearcherID: GZA-9581-2022, AuthorID (RSCI): 903196, SPIN-code: 3021-9540



*Экология и природопользование**Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.*

Abstract. The Kamenka River flows through the territory of the Kokuy oil and gas field. A unique feature of this area is the presence of karst processes in the underlying rocks. As a result, oil spreads in underground horizons over significant distances from the oil extraction sites and emerges on the soil surface and in riverbeds at locations not associated with the operation of oil wells. The prolonged presence of petroleum hydrocarbons in soils and bottom sediments leads to successional changes in the composition of cenoses. Microbial communities respond the fastest, which is due to the ecological plasticity of bacteria. This study examines the composition of bacterial communities in the bottom sediments of the Kamenka River. The analysis of microbiocenoses was performed based on high-throughput sequencing data and classical microbiological methods, which allowed for the isolation of key ecological-trophic groups. Sampling was conducted at a site where petroleum hydrocarbons emerged into the riverbed, as well as upstream and downstream. The concentration of oil in the collected samples ranged from 2.4 to 25.8 g/kg. It was found that the dominant phylotypes in the studied communities were representatives of Proteobacteria (16.7–30.3%), among which the classes Alphaproteobacteria (3.2–8.7%) and Gammaproteobacteria (13.4–21.5%) were identified. The microbial community at the site of oil hydrocarbons' emergence exhibited the highest phylogenetic diversity, according to the values of Shannon and Simpson indices. It has been established that there exists a core group of microorganisms that forms the basis of the microbiocenoses in this study area and a variable group whose composition depends on selective factors changing along the river's flow. In the microbial communities, the proportion of oil-degrading microorganisms varied from 0.02% to 16.0% and was in direct correlation with the concentration of hydrocarbons in the bottom sediments. An analysis of the metabolic potential of cultivated microorganisms revealed the presence of aerobic bacteria capable of utilizing aromatic compounds as a carbon source.

Keywords: oil pollution, microbiome, bacterial community, metagenomic analysis, bottom sediments

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Perm Territory No. 24-17-20025, <https://rscf.ru/project/24-17-20025/>.

For citation: Egorova, D.O., Khotyanovskaya, Yu. V. (2024). Features of bacterial communities of bottom sediments in the area of chronic hydrocarbon entry. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 121–132. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-121-132

Введение

Одной из серьезнейших проблем сохранения природных экосистем в настоящее время является загрязнение нефтяными углеводородами районов добычи и транспортировки нефти [17; 24; 28]. Проникновение сырой нефти в почвы, поверхностные и подземные воды негативно сказываются на реализации экосистемных услуг тем или иным природным объектом [2; 3; 13; 19]. Кроме того, загрязнение углеводородами обширных территорий в следствие нарушений правил их добычи несет угрозу не только естественным экосистемам, но и здоровью человека [40; 41].

Длительное загрязнение высокими концентрациями нефтяных углеводородов приводит к глобальным сукцессиям в составе сообществ. Изменения происходят как на уровне макроорганизмов, так и на уровне микроорганизмов [18; 47]. В микробиоценозах изменяется соотношение не только основных филогенетических групп, но и эколого-трофических, что может приводить к нарушению обменных процессов в почвах и донных отложениях, а также вносить существенные коррективы в круговороты основных элементов [30].

Нефть по своему составу представляет смесь углеводородов различных классов: алифатические углеводороды (в т.ч. разветвленные), моноароматические углеводороды и полиароматические углеводороды [14]. Наиболее токсичными и опасными для животных и человека признаны ароматические углеводороды с различным количеством ароматических колец в молекуле [21; 34]. Известно, что микроорганизмы, в частности бактерии, обладают ферментативными системами, обуславливающими способность данных организмов использовать нефтяные углеводороды различных групп в качестве источника углерода для роста и развития [23; 33; 38; 43; 47]. Вероятно, при длительном загрязнении нефтью в микробиоценозах должны развиваться эколого-трофические группы бактерий, обладающие данными ферментативными системами.

В ряде исследований изучено негативное влияние разливов нефти на почвы и ее нативную микрофлору [20; 30; 32; 37; 42]. Однако остается открытым вопрос о состоянии микробиоценозов донных отложений рек, протекающих по территориям добычи нефти. Проникновение нефтяных углеводородов в данные объекты может происходить не только в результате аварийных ситуаций, но и быть следствием особенностей подлежащих пород, при которых происходит распространение нефтяных углеводородов в подземных горизонтах и их выход на поверхность в местах, удаленных от основных промышленных объектов.

Цель данного исследования – изучение на филогенетическом, морфологическом и эколого-трофическом уровнях бактериальных сообществ донных отложений, отобранных на территории Кокуйского газонефтяного месторождения.

Материалы и методы

Отбор образцов для исследования был произведен на территории Кокуйского газонефтяного месторождения в русле реки Каменка (рис. 1):

1 – 57,20948; 56,64518

2 – 57,20956; 56,64549

3 – 57,211459; 56,646438

4 – 57,227497; 56,644432.

Все образцы отбирали согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 «ГИДРОСФЕРА. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность» и ПНД Ф 12.1:2.2.2.3.2-03 «Отбор проб почв, грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидротехнических сооружений» методом «конверта» и хранились при температуре 4–5 °С.

Физико-химические параметры образцов донных отложений проводили согласно опубликованной ранее методике [6]. Концентрацию нефтяных углеводородов определяли так, как регламентировано в ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии».

Для анализа на филогенетическом уровне применяли современные методы метагеномного секвенирования как описано [4].

Проверка качества данных секвенирования проводилась с использованием программы FastQC версия 0.11.7 [12]. Для последующего «денозинга», объединения последовательностей, удаления химерных прочтений, восстановления исходных фило-типов (ASV, Amplicon sequence variant) и дальнейшей таксономической классификации полученных ASV использовали программный пакет DADA2 версия 3.16 [15], работа осуществлялась в программной среде R.

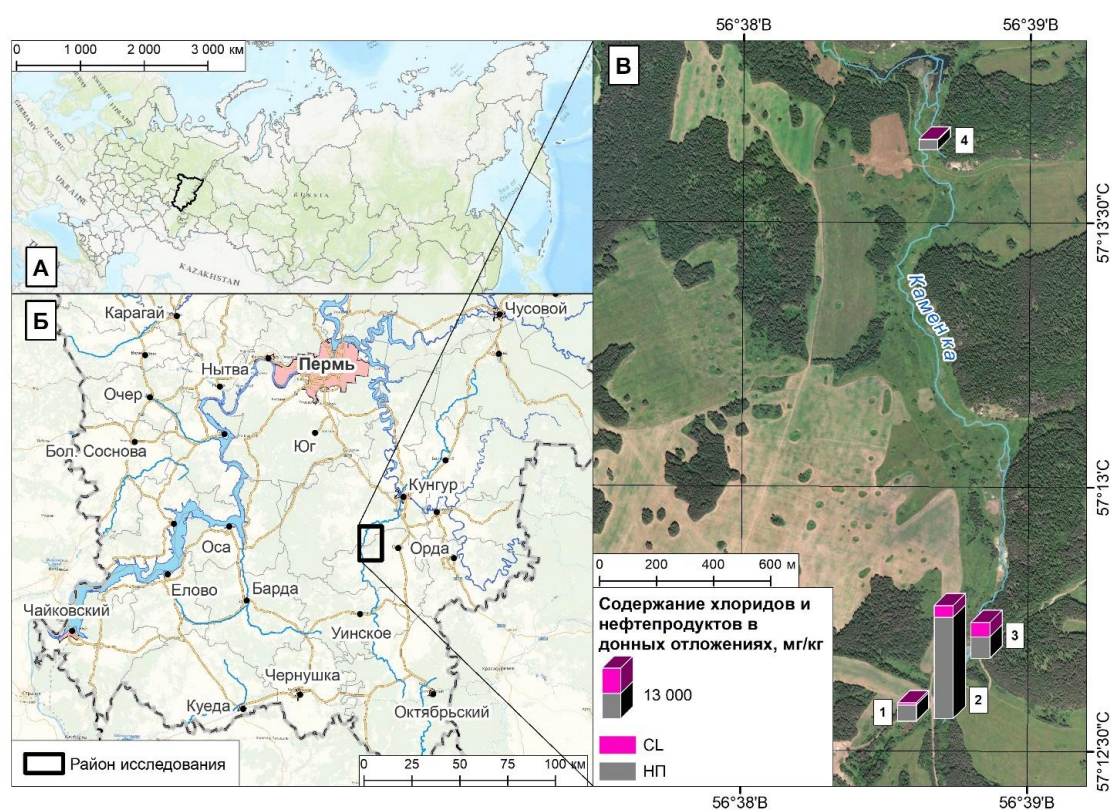


Рис. 1. Расположение районов отбора образцов донных отложений

Fig. 1. Location of the bottom sediment sampling areas

Сгенерированные репрезентативные последовательности нужны для создания таксономической классификации с помощью наивного байесовского классификатора. Наивный байесовский классификатор был предварительно обучен на базе данных SILVA версии 138 [39]. Для присвоения таксономии ASV использовалась функция 'assignTaxonomy' в DADA2. Подсчет показателей альфа-разнообразия и анализ главных координат (PCoA) на основе различий по Брю-Кертису были выполнены с помощью пакета phyloseq [36]. Графики были построены, используя пакеты ggplot2 версия 4.3.1 [45], rheatmap версия 1.0.12 и VennDiagram версия 1.7.3 [16].

Для анализа на морфологическом уровне потребовались классические микробиологические методы: высев на плотную питательную среду LB с последующим описанием морфологии колоний и клеток согласно [10].

Для выявления эколого-трофических групп использовали периодическое культивирование в минеральной среде с внесением в качестве источника углерода сырой нефти, бифенила, бензоата, салицилата. 10 г донных отложений помещали в колбу Эрленмейера, содержащую 100 мл минеральной среды K1 состава (г/л): $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ – 3,2, $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$ – 0,4, $(NH_4)_2SO_4$ – 0,5, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,15, $Ca(NO_3)_2$ – 0,01 и сырую нефть (20 мкл)/бифенил (1 г/л)/бензоат (0,5 г/л)/салицилат (0,5 г/л). Культивирование производили на круговом шейкере-инкубаторе (Environmental Shaker-Incubator ES 20/60, BioSan, Латвия) при 120 об/мин и 25 °С 7 суток. Далее следовал высев на твердую минеральную среду K1 (вносили агар-агар в концентрации 1,5 г/л) в чашки Петри с

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

субстратом, соответствующим культивированию в колбах. Производили подсчет колоний, осуществляли их морфологическое описание.

Для статистического анализа полученных данных выбран пакет программ Microsoft Excel 2013 и STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Образцы донных отложений были отобраны в русле р. Каменки, протекающей по территории Кокуйского газонефтяного месторождения (рис. 1). Уникальность района исследования обусловлена особенностями подлежащих пород. Наличие карстовых процессов в них приводит к тому, что образуются природные выходы нефти на поверхность (как на почву, так и в водные объекты). Несмотря на то, что р. Каменка находится на значительном удалении от нефтедобывающих объектов, в составе вод на протяжении нескольких лет фиксируются углеводороды нефти. Концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях в районе отбора проб варьировала от 2,4 до 25,8 г/кг. При этом максимальные значения обнаружены в 10 м от истока реки. Кроме того, в химическом составе донных отложений отмечены высокие концентрации хлоридов (0,2–3,6 г/кг) (рис. 1). Данный факт позволяет предположить, что в русле реки присутствуют выходы нефти из подлежащих карстовых образований. Подобные явления, а именно природные выходы нефти в водные объекты, описаны для оз. Байкал, Чапала, Танганьика [5; 44; 46]. Наличие данных выходов нефти позволяет проводить наблюдения *in situ* за реакцией сообществ естественных природных объектов на длительное поступление загрязняющего фактора.

С помощью высокопроизводительного секвенирования был произведен анализ состава микробных сообществ донных отложений р. Каменки, отобранных как выше, так и ниже по течению района нефтепроявления. Установлено, что доминирующую позицию в микробных сообществах всех районов занимают представители *Proteobacteria* (16,7–30,3 %), среди которых преобладают классы *Alpha*- и *Gammaproteobacteria*. Значительная доля приходится на представителей филумов *Actinobacteria* (1,3–6,4 %), *Campilobacterota* (7,4–9,6 %) и *Desulfobacterota* (3,0–7,3 %). Данное соотношение филогенетических групп существенно отличается от доминирующих филумов микробных сообществ донных осадков районов нефтепроявлений оз. Байкал, а также загрязненных углеводородами водных и почвенных экосистем, метаногенных нефтяных хвостов [5, 26, 30].

На рис. 2 и 3 представлены основные филогенетические группы, входящие в состав микробных сообществ исследуемых отложений. Доминирующее положение на уровне семейств в образцах, расположенных выше выхода нефти, занимает семейство *Comamonadaceae* (3,3 %), в месте выхода нефти – *Sulfurimonadaceae* (7,5 %), в точках ниже по течению – *Sulfurovaceae* (12,1 %) и *Anaerolineaceae* (3,4 %).

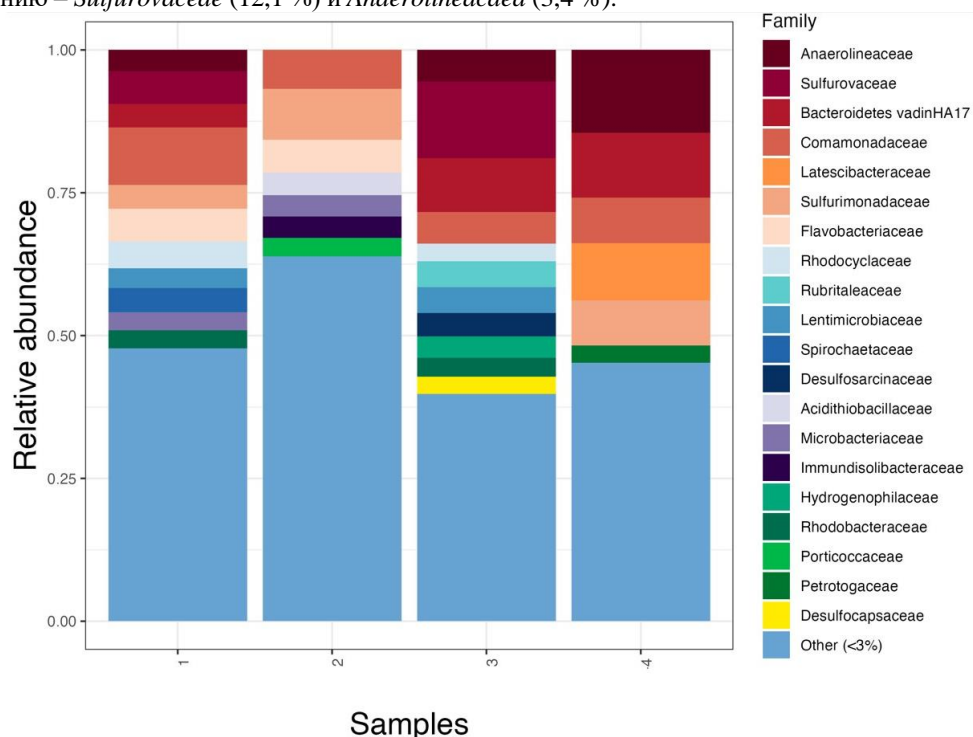


Рис. 2. Представленность семейств в микробиоценозах донных отложений
Fig. 2. Representation of families in bottom sediment microbiocenoses

Анализ филогенетических групп (рис. 3) показал, что значительную долю составляют сульфатвосстанавливающие микроорганизмы. Ранее на примере анализа бактериальных сообществ нефтедобывающих скважин Ромашинского месторождения было показано, что наличие сульфатвосстанавливающих микроорганизмов может быть обусловлено не только присутствием сульфатов в среде, но и невысоким уровнем минерализации [1].

Экология и природопользование
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

В исследуемых нами микробиоценозах, напротив, сульфатвосстанавливающие группы бактерий наиболее широко представлены в образцах с высоким содержанием хлоридов (рис. 1, 3).

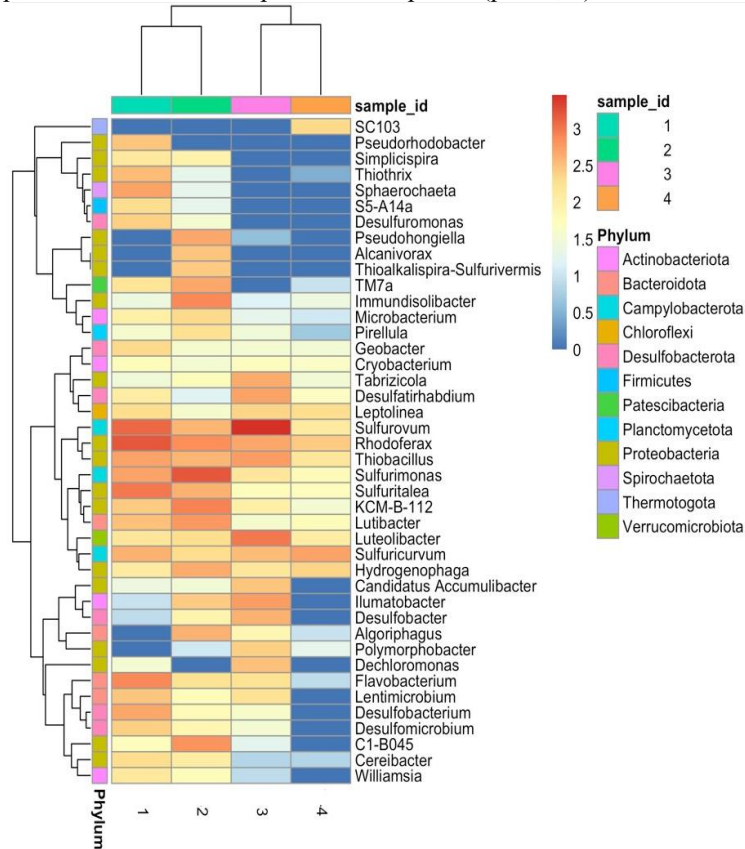


Рис. 3. Соотношение филогенетических групп по 90 наиболее представленным филотипам
Fig. 3. Ratio of phylogenetic groups for the 90 most represented phylotypes

Высокие концентрации нефти могут оказывать негативное влияние на биоразнообразие микробных сообществ [18]. Нами проведен анализ метагеномных данных с использованием различных индексов по оценке разнообразия, дающих представление о разнообразии таксонов высокого уровня и общего количества всех выявленных таксонов (таблица). Также выбраны индексы, наименее зависящие от объема выборки [11].

Таблица

Показатели биоразнообразия сообществ донных отложений
Biodiversity indicators of sediment communities

Район отбора	Chao1	se.chao1	ACE	se.ACE	Shannon	Simpson	InvSimpson	Fisher
1	522	0,019	522,2	10,7	5,31	0,989	95,4	91,09
2	506	0,041	506,1	10,3	5,47	0,993	143,6	90,25
3	653	0,290	653,7	12,4	5,41	0,985	71,1	122,56
4	383	0,303	383,7	9,7	5,20	0,987	78,3	80,63

По индексам Chao1, ACE и Fisher наибольшие значения характерны для микробиоценоза донных отложений третьего района, в котором содержание нефтепродуктов составляло 5495 мг/кг, а хлоридов – 3675 мг/кг (рис. 1). Однако значения индексов Шеннона и Симпсона выше у микробиоценозов второго района отбора образцов, характеризующегося более высоким содержанием нефтяных углеводородов (25800 мг/кг), но меньшим уровнем засоленности (2975 мг/кг) (рис. 1). Таким образом, высокие концентрации нефтяных углеводородов на исследуемой территории не оказывают негативного влияния на биоразнообразие сообществ донных отложений. Данное явление может быть обусловлено тем, что длительное действие нефтяных углеводородов может приводить к развитию индуцированной устойчивости у микроорганизмов [25].

Интересным представляется тот факт, что общими для исследуемых микробиоценозов являются 77 филотипов (рис. 4). Уникальными, то есть встречающимися только в одном районе отбора образцов, филогенетическими единицами для каждого микробного сообщества донных отложений р. Каменки оказались менее 50 % выявленных филотипов. В составе наиболее удаленных друг от друга микробиоценозов (1 и 4 районы отбора образцов) выявлено

Экология и природопользование
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

2 общих филоטיפа, не встречающихся в остальных образцах донных отложений. Анализ диаграммы Венна позволяет предположить, что в сообществах присутствует группа микроорганизмов, составляющая основу сообществ данного района исследований (филоטיפы, общие для двух, трех или четырех мест отбора образцов микробиоценозов), и есть переменная группа, состав которой зависит от селективных факторов, изменяющихся по течению реки.



Рис. 4. Диаграмма Венна, отражающая перекрытие филоטיפов в микробиоценозах донных отложений
Fig. 4. Venn diagram reflecting the overlap of phylotypes in bottom sediment microbiocenoses

Современные методы метагеномного анализа дают представление об общем составе микробиоценозов, однако не отражают долю культивируемых групп бактерий, в том числе бактерий со специфическими метаболическими свойствами. В результате выделения культивируемых аэробных бактерий и их морфологического описания были выявлены основные морфотипы исследуемых микробиоценозов донных отложений (рис. 5). Сравнение доли морфотипов и доли филоטיפов показало, что они практически совпадают только для микробных сообществ донных отложений, отобранных ниже выхода нефти в точке 3 (рис. 1, 5). Наибольшие различия данных показателей выявлены для микробиоценоза, расположенного выше выхода нефти.

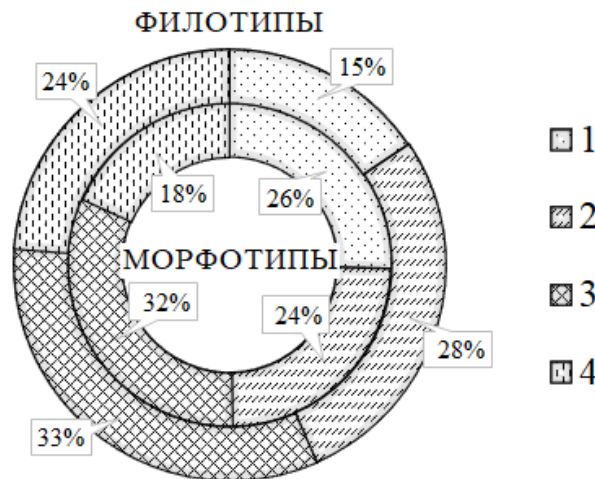


Рис. 5. Соотношение филоטיפов и морфотипов в исследуемых сообществах
Fig. 5. The ratio of phylotypes and morphotypes in the studied communities

В результате анализа общей численности культивируемых бактерий установлено, что данный показатель ниже всего в сообществах, расположенных выше нефтеизлива, а максимальные значения характерны для микробиоценозов третьего района отбора образцов, располагающегося ниже природного выхода нефти (рис. 6). Во всех микробиоценозах присутствуют нефтеокисляющие бактерии, численность которых варьирует от $1,0 \pm 0,1 \times 10^4$ до $2,1 \pm 0,3 \times 10^7$ КОЕ/г (рис. 6). Установлена прямая корреляционная зависимость доли нефтеокисляющих бактерий в общем пуле культивируемых микроорганизмов исследуемых сообществ и концентрации углеводородов нефти в донных отложениях (коэффициент корреляции – 0,873). На примере ряда природных объектов, таких как оз. Байкал и Мексиканский залив, показано, что поступление нефтяных углеводородов приводит к увеличению

Экология и природопользование
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

численности нефтеокисляющих микроорганизмов в донных отложениях [8; 27; 29]. Так, в микробиоценозах донных отложений оз. Байкал в местах естественных выходов нефти количество углеводородокисляющих бактерий варьировало в разные годы от $9,0 \pm 0,1 \times 10^4$ до $2,5 \pm 0,3 \times 10^5$ КОЕ/г, а в сообществе глубоководного нефтяного шлейфа Мексиканского залива, образовавшегося в результате техногенной аварии, численность данной экологотрофической группы достигала $5,5 \pm 0,3 \times 10^4$ кл/мл [8; 22; 27].

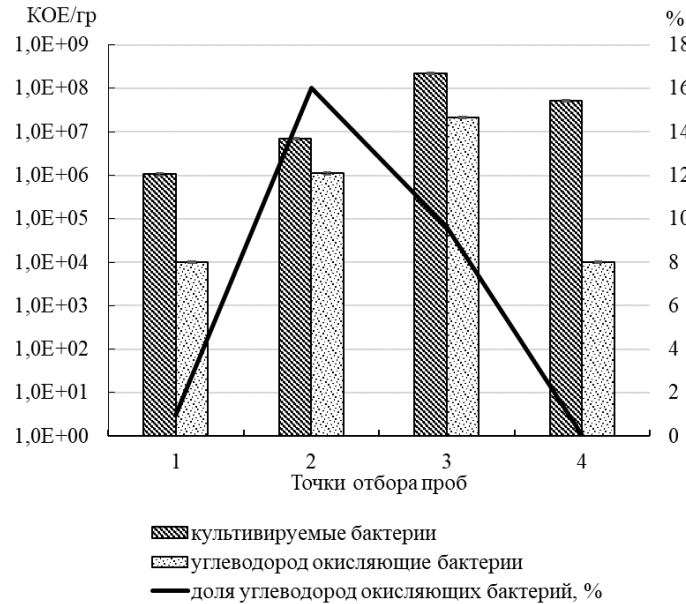


Рис. 6. Представленность группы углеводородокисляющих бактерий среди культивируемых микроорганизмов в образцах донных отложений

Fig. 6. Representation of the hydrocarbon-oxidizing bacteria group among the cultured microorganisms in bottom sediment samples

Нефть представляет собой комплекс углеводородов различного строения, в том числе алканов, циклоалканов и ароматических углеводородов. Компоненты нефти отличаются по уровню доступности для окисления ферментативными системами бактерий. Так, в естественных нефтепроявлениях оз. Байкал было зафиксировано два типа нефти: небиodeградированная парафинистая нефть с экстремально высоким содержанием н-алканов и биodeградированная ароматико-нафтеновая нефть [7]. Нефть, выходящая в русле р. Каменки, принадлежит к типу парафинонафтеновых, доля ароматических и циклических углеводородов составляет от 20 до 55 % [9]. Известно, что у представителей классов *Alphaproteobacteria* и *Gammaproteobacteria* выявляются гены и ферменты, обуславливающие их способность разлагать моно- и полиароматические углеводороды [31; 35]. Метагеномный анализ показал, что в составе исследуемых микробных сообществ донных отложений присутствует значительное количество представителей данных классов: на долю *Alphaproteobacteria* приходится от 3,2–8,7 % от общего числа найденных филумов, а для *Gammaproteobacteria* данная величина составляет 13,4–21,5 %. Среди культивируемых бактерий данных сообществ определены штаммы, способные использовать в качестве источника углерода ряд ароматических соединений (рис. 7).

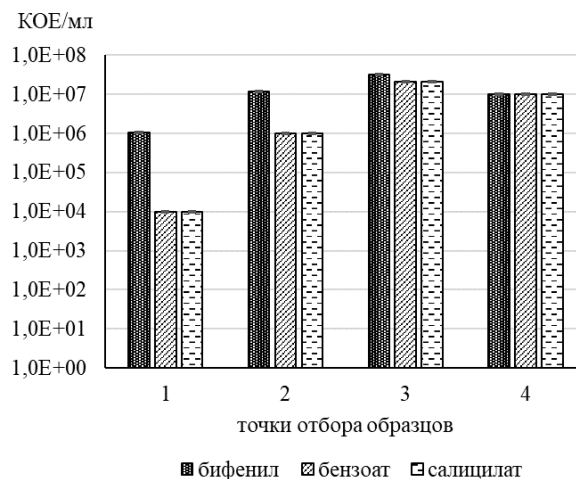


Рис. 7. Численность бактерий, разлагающих ароматические соединения

Fig. 7. The number of bacteria that decompose aromatic compounds

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

Численность бактерий, разлагающих моноароматические карбоновые кислоты, варьировала от $1,0 \pm 0,3 \times 10^4$ до $2,2 \pm 0,1 \times 10^7$ КОЕ/мл, а для деструкторов бифенила (содержит два ароматических кольца в молекуле) данный показатель был выше и составил от $1,0 \pm 0,2 \times 10^6$ до $3,0 \pm 0,2 \times 10^7$ КОЕ/мл. Таким образом, в микробиоценозах донных отложений р. Каменки присутствуют бактерии, способные осуществлять разложение ароматических углеводов, поступающих в реку из подлежащих пород.

Заключение

Бассейн р. Каменки находится на уникальной территории, характеризующейся наличием нефтяных и газовых залежей, а также карстовых процессов в глубинных породах. Сочетание данных факторов обуславливает наличие природных выходов нефти на поверхность почв и в русло реки.

Проведен анализ микробных сообществ донных отложений р. Каменки в участках, расположенных в месте нефтеизлива, а также выше и ниже по течению. Установлено, что в микробиоценозах доминируют бактерии филомы *Proteobacteria* (16,7–30,3 %), который представлен классами *Alphaproteobacteria* (3,2–8,7 %) и *Gammaproteobacteria* (13,4–21,5 %). Наибольшим биологическим разнообразием характеризуются сообщества донных отложений в районе выхода нефти. При этом установлено, что доля фило типов, общих для всех исследуемых микробиоценозов, составляет 3,6 %.

Анализ культивируемых форм микроорганизмов показал, что в сообществах донных отложений присутствуют как гетеротрофные, так и углеводородоокисляющие бактерии. При этом доля углеводородоокисляющих бактерий коррелировала с уровнем нефтяного загрязнения природного субстрата. На основании метагеномного анализа и изучения биодеградативного потенциала культивируемых бактерий установлено, что в микробиоценозах исследуемой территории присутствуют деструкторы ароматических углеводов.

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлены особенности бактериальных сообществ донных отложений, формирующихся в естественных условиях под давлением такого негативного фактора, как нефтяные углеводороды.

Библиографический список

1. Бикташева Л.Р., Кириченко А.А. Некоторые особенности бактериальных сообществ нефтедобывающих скважин Ромашинского месторождения // Геномика, метагеномика и молекулярная биология микроорганизмов: сборник тезисов. 2023. С. 16–18.
2. Бузмаков С.А. Загрязнение почв при углеводородных миграциях в карстовых районах // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. № 5. С. 21–30.
3. Бузмаков С.А., Санников П.Ю., Кучин Л.С., Игошева Е.А., Абдулманова И.Ф. Применение беспилотной аэрофото съемки для диагностики техногенной трансформации природной среды при эксплуатации нефтяного месторождения // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 180–193. doi: 10.31897/PMI.2023.22
4. Егорова Д.О., Санников П.Ю., Хотяновская Ю.В., Бузмаков С.А. Состав бактериальных сообществ нефтезагрязненных донных отложений реки Каменка // Вестник московского университета. Серия 16. Биология. 2023. Т. 78, № 1. С. 17–24.
5. Земская Т.И., Букин С.В., Ломакина А.В., Павлова О.Н. Микроорганизмы донных отложений Байкала – самого глубокого и древнего озера мира // Микробиология. 2021. Т. 90, № 3. С. 286–303.
6. Зырин Н.Г., Орлов Д.С. Физико-химические методы исследования почв. М.: Издательство Московского университета, 1964. 348 с.
7. Конторович А.Э., Каширцев В.А., Москвин В.И., Буриштейн Л.М., Земская Т.И., Калмычков Г.В., Костырева Е.А., Хлыстов О.М. Нетфегазоносность отложений оз. Байкал // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. С. 1346–1356.
8. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
9. Павлова О.Н., Изосимова О.Н., Горшков А.Г., Новикова А.С., Букин С.В., Иванов В.Г., Хлыстов О.М., Земская Т.И. Современное состояние глубоководного выхода нефти у мыса Горевой Утес (Средний Байкал) // Геология и геофизика. 2020. Т. 61. С. 1231–1240.
10. Петров А.А. Углеводороды нефти. М.: Наука. 1984. 280 с.
11. Чернов Т.И., Тхакахова А.К., Кутюева О.В. Оценка различных индексов разнообразия для характеристики почвенного прокариотного сообщества по данным метагеномного анализа // Почвоведение. 2015. № 4. С. 462–468.
12. Andrews S. FastQC: A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data; Babraham Bioinformatics, Babraham Institute: Cambridge, UK. 2010.
13. Buzmakov S.A., Khotyanovskaya Y.V. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation // Applied Geochemistry. 2020. V. 113. 104443. doi: 10.1016/j.apgeochem.2019.104443
14. Cabral L., Giovanella P., Pellizzer E.P., Teramoto E.H., Kiang C.H., Sette L.D. Microbial communities in petroleum-contaminated sites: Structure and metabolisms // Chemosphere. 2022. Vol. 286, No. 2. 131752. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.131752
15. Callahan B.J., McMurdie P.J., Rosen M.J., Han A.W., Johnson A.J., Holmes S.P. DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data // Nat Methods. 2016. Vol. 13, No. 7. P. 581–3. doi: 10.1038/nmeth.3869
16. Chen H., Boutros P.C. VennDiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R // BMC bioinformatics. 2011. Vol. 12. P. 1–7.
17. Gallego J.L.R., Peña-Álvarez V., Lara L.M., Baragaño D., Forján R., Colina A., Prosenkov A, Peláez A.I. Effective bioremediation of soil from the Burgan oil field (Kuwait) using compost: A comprehensive hydrocarbon and DNA fingerprinting study // Ecotoxicology Environmental Safety. 2022. Vol. 247. 114267. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.114267

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

18. Gao H., Wu M., Liu H., Ou Y., Zhang T., Duan X. Unraveling the Positive Effect of Soil Moisture on the Bioaugmentation of Petroleum-Contaminated Soil Using Bioinformatics. // *Microbiol Ecology*. 2023. Vol. 86, No. 4. P. 2436–2446. doi: 10.1007/s00248-023-02245-3
19. Gao H., Wu M., Liu H., Xu Y., Liu Z. Effect of petroleum hydrocarbon pollution levels on the soil microecosystem and ecological function // *Environmental Pollution*. 2022. Vol. 293. 118511. doi: 10.1016/j.envpol.2021.118511
20. Gong W.-J., Niu Z.-F., Wang X.-R., Zhao H.-P. How the Soil Microbial Communities and Activities Respond to Long-Term Heavy Metal Contamination in Electroplating Contaminated Site // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. 362 p. doi: 10.3390/microorganisms9020362
21. Haritash A.K., Kaushik C.P. Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review // *Journal of Hazardous Materials*. 2009. Vol. 169, No. 1–3. P. 1–15. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.03.137
22. Hazen T.C., Dubinsky E.A., DeSantis T.Z., Andersen G.L., Piceno Y.M., Singh N., Jansson J.K., Probst A., Borglin S.E., Fortney J.L., Stringfellow W.T., Bill M., Conrad M.E., Tom L.M., Chavarria K.L., Alusi T.R., Lamendella R., Joyner D.C., Spier C., Baelum J., Auer M., Zemla M.L., Chakraborty R., Sonnenthal E.L., D'haeseleer P., Holman H.Y., Osman S., Lu Z., Van Nostrand J.D., Deng Y., Zhou J., Mason O.U. Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria // *Science*. 2010. Vol. 330. P. 204–8. doi: 10.1126/science.1195979
23. Huber H., Stetter K.O. Desulfurococcales // *The Procarriotes* / M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K.H. Schleifer, E. Stackebrandt. New York: Springer, 2006. P. 52–68.
24. Iturbe-Espinoza P., Brown D.M., Weedon J.T., Braster M., Brandt B.W., Bonte M., van Spanning R.J.M. Microbial communities associated with landfarming amendments during bioremediation of crude oil in Niger Delta soils // *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 191. 105058. doi: 10.1016/j.apsoil.2023.105058
25. Jeanbille M., Gury J., Duran R., Tronczynski J., Ghiglione J.F., Agogué H., Saïd O.B., Taïb N., Debros D., Garnier C., Auguet J.C. Chronic Polyaromatic Hydrocarbon (PAH) Contamination Is a Marginal Driver for Community Diversity and Prokaryotic Predicted Functioning in Coastal Sediments // *Front Microbiology*. 2016. Vol. 7. 1303. doi: 10.3389/fmicb.2016.01303
26. Johnson J.M., Wawrik B., Isom C., Boling W.B., Callaghan A.V. Interrogation of Chesapeake Bay sediment microbial communities for intrinsic alkane-utilizing potential under anaerobic conditions // *FEMS Microbiology Ecology*. 2015. Vol. 91, No. 2. P. 1–14. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiu035>.
27. Kadnikov V.V., Lomakina A.V., Likhoshvai A.V., Gorshkov A.G., Pogodaeva T.V., Beletsky A.V., Mardanov A.V., Zemskaya T.I., Ravin N.V. Composition of the microbial communities of bituminous constructions at natural oil seeps at the bottom of Lake Baikal // *Microbiology*. 2013. Vol. 82. P. 373–382. doi: 10.1134/S0026261713030168
28. Kansour M.K., Al-Mailem D.M. Bioremediation of two oil-contaminated Kuwaiti hyper-saline soils by cross bioaugmentation and the role of indigenous halophilic/halotolerant hydrocarbonoclastic bacteria // *Environmental Technology and Innovation*. 2023. Vol. 32. 103259. doi: 10.1016/j.eti.2023.103259
29. King G.M., Kostka J.E., Hazen T.C., Sobecky P.A. Microbial responses to the Deepwater Horizon oil spill: from coastal wetlands to the deep sea // *Annual Review of Marine Science*. 2015. Vol. 7. P. 377–401. doi: 10.1146/annurev-marine-010814-015543
30. Kong L., Shan Q., Lai Y., Wang Y., Jin C., An C., Yang L., Zhang Z. Oil contamination drives the transformation of microbial communities and metabolic pathways involved in Phosphorous-cycling in coastal soil // *Journal of Soils and Sediments*. 2024. Vol. 24. P. 2638–2651. doi: 10.1007/s11368-024-03853-3
31. Lamendella R., Strutt S., Borglin S., Chakraborty R., Tas N., Mason O.U., Hultman J., Prestat E., Hazen T.C., Jansson J.K. Assessments of the Deepwater Horizon oil spill impact on Gulf coast microbial communities // *Frontiers in Microbiology*. 2014. Vol. 5. 130 p. doi: 10.3389/fmicb.2014.00130
32. Lehmann J., Rillig M.C., Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., Crowley D. Biochar effects on soil biota – A review // *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. Vol. 43, Iss. 9. P. 1812–1836. doi: 10.1016/j.soilbio.2011.04.022
33. Likhoshvai A., Lomakina A., Grachev M. The complete *alk* sequences of *Rhodococcus erythropolis* from Lake Baikal // *Springerplus*. 2014. Vol. 3. 621 p. doi: 10.1186/2193-1801-3-621
34. Lu X.Y., Zhang T., Fang H.H. Bacteria-mediated PAH degradation in soil and sediment // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011. Vol. 89, No. 5. 1357–71. doi: 10.1007/s00253-010-3072-7
35. Mason O., Scott N., Gonzalez A., Robbins-Pianka A., Bælum J., Kimbrel J., Bouskill N.J., Prestat E., Borglin S., Joyner D.C., Fortney J.L., Jurelevicius D., Stringfellow W.T., Alvarez-Cohen L., Hazen T.C., Knight R., Gilbert J.A., Jansson J.K. Metagenomics reveals sediment microbial community response to Deepwater Horizon oil spill // *ISME Journal*. 2014. Vol. 8. P. 1464–1475. doi: 10.1038/ismej.2013.254
36. McMurdie P.J., Holmes S. Phyloseq: an R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data // *Public library of science one*. 2013. Vol. 8, No. 4. P. e61217.
37. Nejdat A., Meshulam M., Diaz-Reck D., Ronen Z. Emergence of hydrocarbon-degrading bacteria in crude oil-contaminated soil in a hyper arid ecosystem: Effect of phosphate addition and augmentation with nitrogen-fixing cyanobacteria on oil bioremediation // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2023. Vol. 178. 105556. doi: 10.1016/j.ibiod.2022.105556
38. Pannekens M., Kroll L., Müller H., Mbow F.T., Meckenstock R.U. Oil reservoirs, an exceptional habitat for microorganisms // *New Biotechnology*. 2019. Vol. 49. P. 1–9. doi: 10.1016/j.nbt.2018.11.006
39. Quast C., Pruesse E., Yilmaz P., Gerken J., Schweer T., Yarza P., Peplies J., Glöckner F.O. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. Opens external link in new window // *Nucleic Acids Research*. 2013. Vol. 41. D590–6. doi: 10.1093/nar/gks1219
40. Roy A.S., Baruah R., Borah M., Singh A.K., Boruah H.P.D., Saikia N., Deka M., Dutta N., Bora T.C. Bioremediation potential of native hydrocarbon degrading bacterial strains in crude oil contaminated soil under microcosm study // *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2014. Vol. 94. P. 79–89. doi: 10.1016/j.ibiod.2014.03.024
41. Shahi A., Aydın S., İnce B., İnce O. Reconstruction of bacterial community structure and variation for enhanced petroleum hydrocarbons degradation through biostimulation of oil contaminated soil // *Chemical Engineering Journal*. 2016. Vol. 152. P. 60–66.

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

42. Sheng Y., Liu Y., Yang J., Dong H., Liu B., Zhang H., Li A., Wei Y., Li G., Zhang D. History of petroleum disturbance triggering the depth-resolved assembly process of microbial communities in the vadose zone // *Journal of Hazardous Materials*. 2021. Vol. 402. 124060. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124060
43. Sierra-Garcia I.N., Dellagnezze B.M., Santos V.P., Chaves B.M.R., Capilla R., Santos Neto E.V., Gray N., Oliveira V.M. Microbial diversity in degraded and non-degraded petroleum samples and comparison across oil reservoirs at local and global scales // *Extremophiles*. 2017. Vol. 21, No. 1. P. 211–229. doi: 10.1007/s00792-016-0897-8
44. Simoneit B.R.T., Aboul-Kassim T.A.T., Tiercelin J.J. Hydrothermal petroleum from lacustrine sedimentary organic matter in the East African Rift // *Applied Geochemistry*. 2000. Vol. 15, No. 3. P. 355–368. doi: 10.1016/S0883-2927(99)00044-X
45. Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* / Springer-Verlag, New York. 2016. 124 p.
46. Zárate-del Valle P.F., Rushdi A.I., Simoneit B.R.T. Hydrothermal petroleum of Lake Chapala, Citala Rift, western Mexico: Bitumen compositions from source sediments and application of hrous pyrolysis // *Applied Geochemistry*. 2006. Vol. 21, No. 4. P. 701–712. doi: 10.1016/j.apgeochem.2006.01.002
47. Zhou Y., Wang Y., Yao S., Zhao X., Kong Q., Cui L., Zhang H. Driving mechanisms for the adaptation and degradation of petroleum hydrocarbons by native microbiota from seas prone to oil spills // *Journal of Hazardous Materials*. 2024. Vol. 476. 135060. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.135060

References

1. Biktasheva, L.R. and Kirichenko, A.A. (2023), “Some features of bacterial communities of oil-producing wells of the Romashinskoye field”, Conference of young scientists *Genomika, metagenomika i molekulyarnaya biologiya mikroorganizmov*, [Genomics, metagenomics and molecular biology of microorganisms], Moscow, 23-24 September 2023, pp. 16-18.
2. Buzmakov, S.A. (2019), “Soil pollution at hydrocarbon migrations in the karst areas”, *Anthropogenic Transformation of Nature*, no 5, pp. 21-30.
3. Buzmakov, S.A., Sannikov, P.Y., Kuchin, L.S., Igosheva, E.A. and Abdulmanova, I.F. (2023), “The use of unmanned aerial photography for interpreting the technogenic transformation of the natural environment during the oilfield operation”. *Journal of Mining Institute*. vol. 260, pp. 180-193. doi:10.31897/PMI.2023.22
4. Egorova, D.O., Sannikov, P.Y., Khotyanovskaya, Y.V. and Buzmakov, S.A. (2023), “Composition of Bacterial Communities in Oil-Contaminated Bottom Sediments of the Kamenka River”, *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, vol. 78, no. 1, pp. 14-20.
5. Zemskaya, T.I., Bukin, S.V., Lomakina, A.V. and Pavlova, O.N. (2021), “Bottom Sediment Microorganisms of Lake Baikal, the Deepest and Oldest Lake in the World”, *Microbiology*, vol. 90, no. 3, pp. 286-303.
6. Zyrin, N.G. and Orlov, D.S. (1964), *Fiziko-himicheskie metody issledovaniya pochv* [Physicochemical methods of soil research], Moscow University Publishing House, Moscow, Russia.
7. Kontorovich, A.E., Kashirtsev, V.A., Moskvina, V.I., Burshtein, L.M., Zemskaya, T.I., Kostyreva, E.A., Kalmychkov, G.V. and Khlystov, O.M. (2007), “Petroleum potential of Baikal deposits”, *Russian Geology and Geophysics*, vol. 48, no. 12, pp. 1046-1053.
8. Pavlova, O.N., Izosimova, O.N., Gorshkov, A.G., Novikova, A.S., Bukin, S.V., Ivanov, V.G., Khlystov, O.M. and Zemskaya, T.I. (2020), “Current state of deep oil seepage near cape Gorevoi Utes (Central Baikal)”, *Russian Geology and Geophysics*, vol. 61, no. 9, pp. 1231-1240.
9. Petrov, A.A. (1984), *Uglevodorody nefi* [Oil hydrocarbons], Nauka, Moscow, Russia.
10. Netrusov, A.I., Egorova, M.A., Zakharchuk, L.M. et al. (2005), *Praktikum po mikrobiologii: Ucheb. Posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij* [Microbiology Workshop: Textbook. Manual for students of higher educational institutions], in Netrusov, A.I. (ed.), Academy, Moscow, Russia.
11. Chernov, T.I., Tkhakakhova, A.K. and Kutovaya, O.V. (2015), “Assessment of diversity indices for the characterization of the soil prokaryotic community by metagenomic analysis”, *Eurasian Soil Science*. vol. 48, no. 4, pp. 462-468.
12. Andrews, S. (2010), “FastQC: A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data”, Babraham Bioinformatics, Babraham Institute: Cambridge, UK.
13. Buzmakov, S.A. and Khotyanovskaya, Y.V. (2020), “Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation”, *Applied Geochemistry*. vol. 113. 104443, <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104443>
14. Cabral, L., Giovanella, P., Pellizzer, E.P., Teramoto, E.H., Kiang, C.H. and Sette, L.D. (2022), “Microbial communities in petroleum-contaminated sites: Structure and metabolisms”, *Chemosphere*, vol. 286, no. 2, 131752, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131752>.
15. Callahan, B.J., McMurdie, P.J., Rosen, M.J., Han, A.W., Johnson, A.J. and Holmes, S.P. (2016), “DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data”, *Nat Methods*, vol. 13, no. 7, pp. 581-583, <https://doi.org/10.1038/nmeth.3869>.
16. Chen, H. and Boutros, P.C. (2011), “VennDiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R”, *BMC bioinformatics*, vol. 12. pp. 1-7. doi:10.1186/1471-2105-12-35.
17. Gallego, J.L.R., Peña-Álvarez, V., Lara, L.M., Baragaño, D., Forján, R., Colina, A., Prosenkov, A. and Peláez, A.I. (2022), “Effective bioremediation of soil from the Burgan oil field (Kuwait) using compost: A comprehensive hydrocarbon and DNA fingerprinting study”, *Ecotoxicology Environmental Safety*, vol. 247. 114267, doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.114267.
18. Gao, H., Wu, M., Liu, H., Ou, Y., Zhang, T. and Duan, X. (2023), “Unraveling the Positive Effect of Soil Moisture on the Bioaugmentation of Petroleum-Contaminated Soil Using Bioinformatics”, *Microbiol Ecology*. vol. 86, no. 4, pp. 2436-2446, doi: 10.1007/s00248-023-02245-3.
19. Gao, H., Wu, M., Liu, H., Xu, Y. and Liu, Z. (2022), “Effect of petroleum hydrocarbon pollution levels on the soil microecosystem and ecological function”, *Environmental Pollution*, vol. 293, 118511, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118511>.
20. Gong, W.-J., Niu, Z.-F., Wang, X.-R. and Zhao, H.-P. (2021), “How the Soil Microbial Communities and Activities Respond to Long-Term Heavy Metal Contamination in Electroplating Contaminated Site”, *Microorganisms*, vol. 9, 362. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9020362>.
21. Haritash, A.K. and Kaushik, C.P. (2009), “Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review”, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 169, issues 1-3, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.03.137>.

Экология и природопользование

Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

22. Hazen, T.C., Dubinsky, E.A., DeSantis, T.Z., Andersen, G.L., Piceno, Y.M., Singh, N., Jansson, J.K., Probst, A., Borglin, S.E., Fortney, J.L., Stringfellow, W.T., Bill, M., Conrad, M.E., Tom, L.M., Chavarria, K.L., Alusi, T.R., Lamendella, R., Joyner, D.C., Spier, C., Baelum, J., Auer, M., Zemla, M.L., Chakraborty, R., Sonnenthal, E.L., D'haeseleer, P., Holman, H.Y., Osman, S., Lu, Z., Van Nostrand, J.D., Deng, Y., Zhou, J. and Mason, O.U. (2010), "Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria", *Science*, vol. 330, pp. 204-208, <https://doi.org/10.1126/science.1195979>.
23. Huber, H. and Stetter, K.O. (2006), "Desulfurococcales", in Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.H., Stackebrandt E. (ed.), *The Procarotes*, Springer, New York, pp. 52-68.
24. Iturbe-Espinoza, P., Brown, D.M., Weedon, J.T., Braster, M., Brandt, B.W., Bonte, M. and van Spanning, R.J.M. (2023), "Microbial communities associated with landfarming amendments during bioremediation of crude oil in Niger Delta soils", *Applied Soil Ecology*, vol. 191, 105058, <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105058>.
25. Jeanbille, M., Gury, J., Duran, R., Tronczynski, J., Ghiglione, J.F., Agogué, H., Said, O.B., Taib, N., Debroas, D., Garnier, C. and Auguet, J.C. (2016), "Chronic Polyaromatic Hydrocarbon (PAH) Contamination Is a Marginal Driver for Community Diversity and Prokaryotic Predicted Functioning in Coastal Sediments", *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, 1303, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01303>.
26. Johnson, J.M., Wawrik, B., Isom, C., Boling, W.B. and Callaghan, A.V. (2015), "Interrogation of Chesapeake Bay sediment microbial communities for intrinsic alkane-utilizing potential under anaerobic conditions", *FEMS Microbiology Ecology*, vol. 91, no. 2, pp. 1-14, <https://doi.org/10.1093/femsec/fiu035>.
27. Kadnikov, V.V., Lomakina, A.V., Likhoshvai, A.V., Gorshkov, A.G., Pogodaeva, T.V., Beletsky, A.V., Mardanov, A.V., Zemskaia, T.I. and Ravin, N.V. (2013), "Composition of the microbial communities of bituminous constructions at natural oil seeps at the bottom of Lake Baikal", *Microbiology*, vol. 82, pp. 373-382, <https://doi.org/10.1134/S0026261713030168>.
28. Kansour, M.K. and Al-Mailem, D.M. (2023), "Bioremediation of two oil-contaminated Kuwaiti hyper-saline soils by cross bioaugmentation and the role of indigenous halophilic/halotolerant hydrocarbonoclastic bacteria", *Environmental Technology and Innovation*, vol. 32, 103259, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103259>.
29. King, G.M., Kostka, J.E., Hazen, T.C. and Sobczyk, P.A. (2015), "Microbial responses to the Deepwater Horizon oil spill: from coastal wetlands to the deep sea", *Annual Review of Marine Science*, vol. 7, pp. 377-401, <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015543>.
30. Kong, L., Shan, Q., Lai, Y., Wang, Y., Jin, C., An, C., Yang, L. and Zhang, Z. (2024), "Oil contamination drives the transformation of microbial communities and metabolic pathways involved in Phosphorous-cycling in coastal soil", *Journal of Soils and Sediments*, vol. 24, pp. 2638-2651, <https://doi.org/10.1007/s11368-024-03853-3>.
31. Lamendella, R., Strutt, S., Borglin, S., Chakraborty, R., Tas, N., Mason, O.U., Hultman, J., Prestat, E., Hazen, T.C. and Jansson, J.K. (2014), "Assessments of the Deepwater Horizon oil spill impact on Gulf coast microbial communities", *Frontiers in Microbiology*, vol. 5, 130, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00130>.
32. Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. and Crowley, D. (2011), "Biochar effects on soil biota – A review", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 43, issue 9, pp. 1812-1836, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>.
33. Likhoshvai, A., Lomakina, A. and Grachev, M. (2014), "The complete alk sequences of *Rhodococcus erythropolis* from Lake Baikal", *Springerplus*, vol. 3, 621, <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-621>.
34. Lu, X.Y., Zhang, T. and Fang, H.H. (2011), "Bacteria-mediated PAH degradation in soil and sediment", *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 89, no. 5, 1357-1371, <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3072-7>.
35. Mason, O., Scott, N., Gonzalez, A., Robbins-Pianka, A., Baelum, J., Kimbrel, J., Bouskill, N.J., Prestat, E., Borglin, S., Joyner, D.C., Fortney, J.L., Jurelevicius, D., Stringfellow, W.T., Alvarez-Cohen, L., Hazen, T.C., Knight, R., Gilbert, J.A. and Jansson, J.K. (2014), "Metagenomics reveals sediment microbial community response to Deepwater Horizon oil spill", *ISME Journal*, vol. 8, pp. 1464-1475, <https://doi.org/10.1038/ismej.2013.254>.
36. McMurdie, P.J. and Holmes, S. (2013), "Phyloseq: an R package for reproducible interactive analysis and graphics of microbiome census data", *Public library of science one*, vol. 8, no. 4, e61217.
37. Nejidat, A., Meshulam, M., Diaz-Reck, D. and Ronen, Z. (2023), "Emergence of hydrocarbon-degrading bacteria in crude oil-contaminated soil in a hyper arid ecosystem: Effect of phosphate addition and augmentation with nitrogen-fixing cyanobacteria on oil bioremediation", *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 178, 105556, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2022.105556>.
38. Pannekens, M., Kroll, L., Müller, H., Mbow, F.T. and Meckenstock, R.U. (2019), "Oil reservoirs, an exceptional habitat for microorganisms", *New Biotechnology*, vol. 49, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2018.11.006>.
39. Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J. and Glöckner, F.O. (2013), "The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. Opens external link in new window", *Nucleic Acids Research*, vol. 41, D590-6, <https://doi.org/10.1093/nar/gks1219>.
40. Roy, A.S., Baruah, R., Borah, M., Singh, A.K., Boruah, H.P.D., Saikia, N., Deka, M., Dutta, N. and Bora, T.C. (2014), "Bioremediation potential of native hydrocarbon degrading bacterial strains in crude oil contaminated soil under microcosm study", *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 94, pp. 79-89, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.03.024>.
41. Shahi, A., Aydın, S., İnce, B. and İnce, O. (2016), "Reconstruction of bacterial community structure and variation for enhanced petroleum hydrocarbons degradation through biostimulation of oil contaminated soil", *Chemical Engineering Journal*, vol. 152, pp. 60-66.
42. Sheng, Y., Liu, Y., Yang, J., Dong, H., Liu, B., Zhang, H., Li, A., Wei, Y., Li, G. and Zhang, D. (2021), "History of petroleum disturbance triggering the depth-resolved assembly process of microbial communities in the vadose zone", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 402, 124060, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124060>.
43. Sierra-Garcia, I.N., Dellagnezze, B.M., Santos, V.P., Chaves, B.M.R., Capilla, R., Santos Neto, E.V., Gray, N. and Oliveira, V.M. (2017), "Microbial diversity in degraded and non-degraded petroleum samples and comparison across oil reservoirs at local and global scales", *Extremophiles*, vol. 21, no. 1, pp. 211-229, <https://doi.org/10.1007/s00792-016-0897-8>.

Экология и природопользование
Егорова Д.О., Хотяновская Ю.В.

44. Simoneit, B.R.T., Aboul-Kassim, T.A.T. and Tiercelin, J.J. (2000), "Hydrothermal petroleum from lacustrine sedimentary organic matter in the East African Rift", *Applied Geochemistry*, vol. 15, no. 3, pp. 355-368. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(99\)00044-X](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00044-X).

45. Wickham, H. (2016), *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*, Springer-Verlag, New York.

46. Zárate-del Valle, P.F., Rushdi, A.I. and Simoneit, B.R.T. (2006), "Hydrothermal petroleum of Lake Chapala, Citala Rift, western Mexico: Bitumen compositions from source sediments and application of hydrous pyrolysis", *Applied Geochemistry*, vol. 21, no. 4, pp. 701-712. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2006.01.002>.

47. Zhou, Y., Wang, Y., Yao, S., Zhao, X., Kong, Q., Cui, L. and Zhang, H. (2024), "Driving mechanisms for the adaptation and degradation of petroleum hydrocarbons by native microbiota from seas prone to oil spills", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 476, 135060, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135060>.

Статья поступила в редакцию: 25.09.24, одобрена после рецензирования: 10.10.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 25 September 2024; approved after review: 10 October 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторах

Дарья Олеговна Егорова

доктор биологических наук, доцент, профессор
кафедры биогеоценологии и охраны природы,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Darya O. Egorova

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Department of Biogeocenology and Nature Protection,
Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: daryao@rambler.ru

Юлия Владимировна Хотяновская

кандидат географических наук,
старший преподаватель
кафедры биогеоценологии и охраны природы,
Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Yuliya V. Khotyanovskaya

Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer,
Department of Biogeocenology and Nature Protection,
Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: 79082412863@yandex.ru

Вклад авторов

Егорова Д.О. – идея, постановка задач исследования, анализ данных, подготовка рукописи статьи.

Хотяновская Ю.В. – проведение полевых работ и лабораторных экспериментов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Darya O. Egorova – idea; formulation of research objectives; data analysis; writing and design of the article.

Yuliya V. Khotyanovskaya – field works and laboratory experiments.

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

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

Научная статья

УДК 628.394

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-133-144

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ ОЗЕР КАРЕЛИИ АНТРОПОГЕННЫМ МУСОРОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Михаил Борисович Зобков¹, Мария Валентиновна Зобкова²

^{1,2} Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», г. Петрозаводск, Россия

¹ ya-mikhailz@yandex.ru, Researcher ID: M-4057-2013, Scopus Author ID: 16204620300, AuthorID РИНЦ: 600693

² Researcher ID: AAE-2136-2020, Scopus Author ID: 57200158843, AuthorID РИНЦ: 755702

Аннотация. Загрязнение окружающей среды отходами является одной из актуальных экологических проблем современности. Наибольшее беспокойство вызывает загрязнение мирового океана и вод суши антропогенным мусором в целом и пластиковыми отходами в частности. С целью оценки уровня загрязнения антропогенным мусором водосборов озер бореальной зоны в 2021 г. проведены исследования количества и состава такого мусора на группе малых озер Карелии (Урос, Тилкуслампи, Коверьярви, Валгилампи, Коверлампи). В качестве «горячих точек» такого загрязнения были выбраны туристические стоянки. Предложен новый подход, который можно использовать при мониторинге загрязнения водосборов малых озер бореальной зоны. Выявлено, что количество мусора на туристических стоянках пропорционально как площади самих стоянок, так и количеству отдыхающих на них. Антропогенный мусор был обнаружен на всех 29 стоянках исследованных озер (всего 3820 шт.), а максимальное его количество на самом крупном из них – оз. Урос (2053 шт.). При этом в пересчете количества мусора на единицу площади стоянки и на одного человека самыми загрязненными оказались стоянки второго по величине из обследованных озер – Тилкуслампи (в среднем 1,73 шт./м² и 61,1 шт./чел соответственно). Выявленные уровни загрязнения сопоставимы с загрязнением морских пляжей. В составе мусора преобладали предметы, связанные с приемом пищи и напитков (в среднем 59 %). На пластиковые изделия приходилось 56 % от всех отходов, на металл, стекло и текстиль – 20, 17 и 5 % соответственно. Преобладание пластиковых изделий в общем составе мусора показывает, что оставленный на побережье озер антропогенный мусор является потенциальным источником поступления микропластика в исследованные озера. Разработанная методика может применяться для оценки загрязнения других водных объектов бореальной зоны антропогенным мусором. Полученные результаты позволили ориентировочно оценить объемы антропогенного мусора, аккумулированного в лесном фонде Республики Карелия.

Ключевые слова: антропогенный мусор, отходы, загрязнение, озера, туризм, рекреация, бореальная зона

Финансирование. Статья подготовлена за счет средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН).

Для цитирования: Зобков М.Б., Зобкова М.В. Загрязнение водосборов малых озер Карелии антропогенным мусором в результате рекреационной деятельности // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 133–144. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-133-144

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-133-144

CONTAMINATION OF WATERSHEDS OF SMALL KARELIAN LAKES WITH ANTHROPOGENIC LITTER CAUSED BY RECREATION ACTIVITIES

Mikhail B. Zobkov¹, Maria V. Zobkova²

^{1,2} Northern Water Problems Institute, Karelian Research Center of the RAS, Petrozavodsk, Russia

¹ ya-mikhailz@yandex.ru, ResearcherID: M-4057-2013, Scopus Author ID: 16204620300, AuthorID (RSCI): 600693

² ResearcherID: AAE-2136-2020, Scopus Author ID: 57200158843, AuthorID (RSCI): 755702

Abstract. Contamination of the environment with wastes is one of the main ecological problems of the present. The major concern is the contamination of the World Ocean and inland waters with anthropogenic litter in general and plastics in particular. To assess the level of contamination of small lakes in a boreal zone with anthropogenic litter, in 2021 research was conducted to study the quantity and composition of such litter on watersheds of several small lakes in Karelia (Uros, Tilkuslampi, Koveryarvi, Valgilampi, Koverlampi). The research focused on tourist campsites as ‘hot spots’ of such contamination. As a result, a new approach has been introduced for such monitoring. It was found that the quantity of anthropogenic litter is proportional to the camp area, as well as to the maximum camp capacity in terms of the number of tourists. Anthropogenic litter was found on all of the 29 studied sites (overall 3,820 litter pcs.), with the maximum quantity on the largest of the studied lakes – Uros (2,053 litter pcs.). The maximum litter density calculated per square meter and per person was observed on the second largest of the studied lakes – Lake Tilkuslampi (1.73 pcs./m² and 61.1 pcs./person on average). The identified levels of anthropogenic litter contamination are comparable to the contamination of sea beaches. In terms of the litter composition, items related to eating and drinking dominated (59% on average). Plastic products accounted for 56% of all waste; metal, glass, and textiles made up 20, 17, and 5% respectively. The predominance of plastics in litter composition indicates that anthropogenic litter left on the shores of the lakes is a potential source of microplastics entering the lakes. The elaborated



*Экология и природопользование**Зобков М.Б., Зобкова М.В.*

monitoring program can be applied to assess contamination with anthropogenic litter of other water objects in a boreal zone. The results obtained allowed us to approximately assess the quantity of anthropogenic litter accumulated in the forested area of Karelia.

Keywords: anthropogenic litter, wastes, contamination, lakes, tourism, recreation, boreal zone

Funding. The study was funded from the federal budget as part of the state assignment to the Northern Water Problems Institute at the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Zobkov, M.B., Zobkova, M.V. (2024). Contamination of watersheds of small Karelian lakes with anthropogenic litter caused by recreation activities. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 133–144. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-133-144

Введение

Загрязнение окружающей среды отходами является одной из актуальных экологических проблем современности. Отходы образуются в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления товаров человеком.

В большинстве случаев такие отходы формируются в результате бытового потребления населением продуктов питания, средств повседневного использования [17] и состоят из пластика, стекла, металла, бумаги и дерева, причем, как правило, с преобладанием полимерных материалов [7, 9, 19]. Согласно ФЗ-89 «Об отходах производства и потребления», эти материалы относятся к отходам от использования товаров и упаковки, перечисленных в блоке 4 Федерального классификационного каталога отходов (ФККО). Формально к находящимся в окружающей среде отходам нельзя применять термин «твердые коммунальные отходы», упоминающийся в ФЗ-89, поскольку далеко не всегда они образованы «внутри жилых помещений». В зарубежной и отечественной литературе [1–4, 17–20] для описания этого вида загрязнения окружающей среды используется термин «антропогенный мусор» (АМ), который и будет принят нами в дальнейшем.

Находясь в окружающей среде, крупные пластиковые изделия постепенно разрушаются, что приводит к образованию более мелких частиц, получивших название «микропластик» [6]. АМ, и особенно пластик, могут оказывать негативное воздействие на рыб, птиц и млекопитающих, вызывая их запутывание, сковывание движений, и в конечном счете привести к их удушению [15]. Крупные изделия и их фрагменты (в т.ч. микропластик) воспринимаются животными как потенциальный источник пищи, что вызывает различные негативные эффекты, отражающиеся на их здоровье, а также способно привести к летальному исходу [15; 10; 20]. Частицы полимеров являются источниками различных загрязняющих веществ как сами по себе, так и посредством их транспортировки на своей поверхности из сточных вод и с полигонов захоронения отходов [8; 14].

Наибольшее беспокойство вызывает загрязнение мирового океана и вод суши АМ в целом [12; 16; 17] и пластиковыми отходами в частности [11]. В городской черте проблема образования АМ решается путем централизованного его сбора, однако в сельской местности и в необорудованных зонах отдыха – только силами местных жителей и отдыхающих.

В мировом масштабе широкое распространение получили волонтерские движения по очистке морских пляжей от АМ, которые зачастую сопровождаются документированием информации и последующей оценкой степени загрязнения пляжей [17; 19]. В последние годы такая активность осуществляется и на пляжах крупных озер [17; 19]. На Великих Американских озерах проводятся специализированные научные исследования в этом направлении [18; 22]. В России оценка степени загрязнения пляжей АМ ранее проводилась на Балтийском [3] и Черном [2] морях, Вислинском заливе [1]. Организуются исследования плавающего АМ и на акватории морей [4].

Вместе с тем информации о загрязнении пресноводных объектов АМ крайне мало [18; 19], особенно это касается малых озер бореальной зоны. Подобная информация в рамках изучения территории России полностью отсутствует. Кроме того, как показано выше, исследования по оценке загрязнения водной среды, как правило, сосредоточены на пляжах. Вместе с тем вопросу загрязнения экосистем суши обычно уделяется мало внимания [20].

В этой связи целью данной работы является оценка уровня загрязнения водосборов озер бореальной зоны АМ. В рамках проблемы решались следующие задачи:

- 1) Разработать методику оценки загрязнения водосборов озер бореальной зоны АМ.
- 2) С помощью разработанной методики получить новые количественные данные об уровне загрязнения водосборов малых озер Карелии АМ и его качественном составе.
- 3) Путем оценки доли пластикового мусора (полимеров) в общей массе отходов на водосборах озер выявить возможность их влияния на поступление микропластика в водные объекты.
- 4) Сравнить полученные результаты с уровнем загрязнения других регионов России и Мира.

Материалы и методы

Водные объекты для данного исследования выбирались следующим образом. Основным параметром выбора водоемов являлось отсутствие в их непосредственной близости постоянных поселений, чтобы учитывать только АМ, оставленный людьми при временном посещении в процессе отдыха, рыбалки и охоты. Вторым важным показателем была транспортная доступность объектов. Исходя из изученности, наличия научной инфраструктуры и транспортной доступности, в качестве модельных объектов были приняты озера, расположенные в верховье р. Суны, вблизи научного стационара КарНЦ РАН «Вендюры». Все исследованные водоемы располагались на участке размером 5х5 км. Всего было выбрано пять озер: Урос, Тилкуслампи, Коверъярви, Валгилампи,

Экология и природопользование

Зобков М.Б., Зобкова М.В.

Коверлампи (рис. 1). Первые три из них (оз. Урос, Тилкуслампи, Коверъярви) имели постоянный исток, а последние два являлись бессточными (ламбы).

Самое крупное из исследованных озер – Урос, его площадь составляет 4,2 км², объем – 9,61 млн м³, площадь водосбора – 7,9 км² [5]. Вдоль восточного и северного берегов проходит грунтовая дорога д. Вендюры – д. Мьярандукса (нежил.), а вдоль южного – старая лесовозная дорога, по которой можно проехать только на внедорожной технике. Второе по величине озеро – Тилкуслампи (площадь зеркала – 1,4 км², площадь водосбора – 10,7 км², объем – 1,1 млн м³) [5]. Берега озера сильно заболочены, что делает невозможным подъезд непосредственно к самому водоему. Вдоль берега оз. Тилкуслампи расположена каменистая лесовозная дорога, идущая вдоль озер Валгилампи и Коверлампи и заканчивающаяся тупиком у оз. Коверъярви (рис. 1). В озерах Урос, Тилкуслампи, Коверъярви обитают различные виды рыб, что привлекает любителей рыбного промысла не только из Карелии, но также из других регионов.

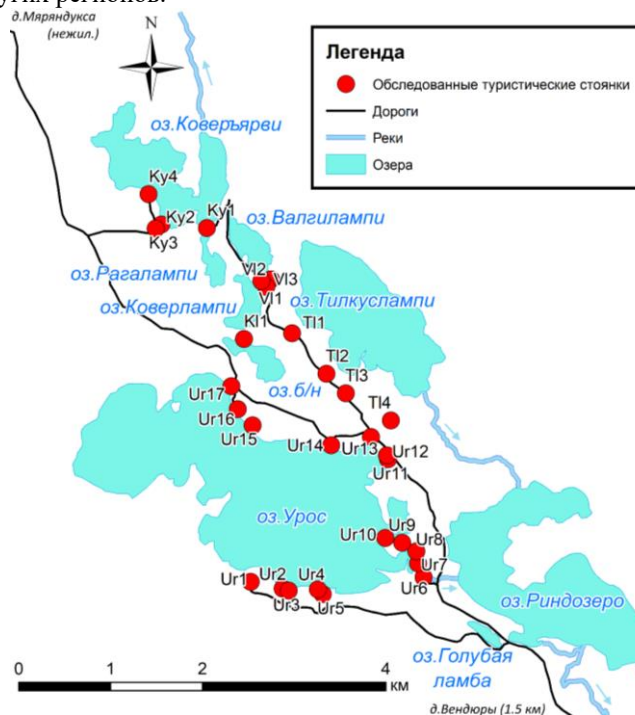


Рис. 1. Схема расположения туристических стоянок на обследованных озерах

Fig. 1. Schematic map of the tourist campsites distribution at the surveyed lakes

Методика обследования

Для целей исследования нами была адаптирована методика мониторинга морского мусора OSPAR [21]. Методика предназначена для поштучного подсчета единиц мусора на морских пляжах в процессе непрерывного осмотра береговой линии на протяжении маршрутов длиной 100 или 1000 м. Данная методика активно применяется за рубежом с 1992 г. и стала первым стандартизованным методом мониторинга морского мусора антропогенного происхождения для побережья Северо-Атлантического региона [3], с недавнего времени она также используется и в России [1–3, 13]. Классификатор отходов OSPAR включает следующие типы загрязнителей: пластик (в т.ч. вспененный полистирол), металл, бумага и картон, обработанное дерево, ткань, резина, стекло, керамика, санитарные отходы, медицинские отходы и другое (не вошедшие в вышеперечисленные группы) [21]. Как правило, загрязнение по пляжам распределено относительно равномерно за счет активного использования всей площади пляжа отдыхающими и перераспределения АМ волнами при сильном шторме. Однако для малых озер бореальной зоны такой подход сложно реализуем ввиду плотного лесного покрова и болот, подступающих непосредственно к берегам водоемов. Кроме того, из-за небольшого размера водных объектов перераспределения АМ, оставленного отдыхающими на берегах, по акватории водоемов практически не происходит (за исключением мусора, выброшенного непосредственно в воду). Поэтому за основу мониторинга принято обследование туристических стоянок, где люди проводят большую часть времени их пребывания на природе и которые являются, по сути, источником загрязнения водосборных территорий водных объектов АМ. Классификацию различных типов АМ осуществляли по методике OSPAR, для фиксации типов и количества АМ использовались бланки OSPAR для маршрута в 100 м [21]. Вместе с тем, в отличие от оригинальной методики, в связи с присутствием на стоянках различных объектов инфраструктуры (избы, навесы, столы и пр.) подсчет количества единиц механически обработанного дерева (mashed wood) не производился по причине неоднозначности отнесения последнего к отходам или объектам инфраструктуры, таким как разрушенные временные сооружения. АМ классифицировался по материалу изготовления согласно таковому в перечне [21] и дополнительно – области применения.

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

По области применения выделялись следующие классы: товары общего назначения (в т.ч. веревки и фрагменты различных изделий), напитки, еда, средства личной гигиены (включая лекарства), товары для транспорта (в т.ч. наземного и водного), предметы для организации лагеря (в т.ч. бытовая химия), курение (зажигалки и пачки из-под сигарет), одежда, охота (стрелянные гильзы и пластиковые пыжи), рыбалка (сети, их остатки, буи, лески и пр.). При обследовании АМ размером менее 2 см (в т.ч. микропластик и сигаретные фильтры) не учитывался, поскольку в условиях наличия растительного покрова визуально обнаружить такие предметы не всегда возможно, что неизбежно приведет к существенному увеличению случайных ошибок измерения. В случае наличия мусорной ямы принимался в расчет только мусор, находящийся над поверхностью земли, т.е. на водосборе озера.

Кроме обнаруженного на туристических стоянках мусора фиксировались также параметры самой стоянки: ее площадь, количество мест под палатки, наличие постоянного жилища (избы или землянки) и других объектов инфраструктуры (столы, скамейки, навесы, временные бани и пр.) с ориентировочной оценкой максимального возможного числа отдыхающих. При наличии постоянных сооружений их вместимость принималась из расчета 0,5 м спального места на человека. Там, где постоянных сооружений не было, принимался во внимание рельеф местности и определялось, сколько палаток размерностью 2x2 м и вместимостью 4 человека может быть на ней размещено. Для фиксации этой информации использовались специально разработанные бланки (формы могут быть запрошены у авторов в случае необходимости). Количество обнаруженного на стоянках мусора пересчитывалось как на потенциальное количество отдыхающих, так и на площадь самой стоянки. Для оценки объема АМ дополнительно был проведен его сбор на одной из исследованных стоянок (Ur1) в полипропиленовые строительные мешки полезным объемом 40 л каждый. Это позволило рассчитать средний транспортный объем одной единицы мусора.

Измерение размеров стоянок на местности и расстояния до озера в пределах прямой видимости производилось с помощью лазерного дальномера. Там, где из-за отсутствия прямой видимости озера измерение дальномером было невозможно, расстояние определялось по спутниковым снимкам высокого разрешения Bing (www.bing.com/). Измерение размеров объектов туристической инфраструктуры осуществлялось с помощью рулетки. Для предварительного выявления расположения стоянок и подъездов к ним, а также планирования маршрута использовались спутниковые снимки высокого разрешения Bing (www.bing.com/). Для описания стоянок и подсчета количества мусора на них проведено обследование водосборов модельных объектов на местности с 29.06.2021 по 19.07.2021 г. Исследования были приурочены к летнему периоду года, соответствующему высокому туристическому сезону в Карелии.

Для статистической обработки данных выбрано свободно распространяемое программное обеспечение SofaStatistics (www.sofastatistics.com). В статистических тестах использовался уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В результате обследования береговой зоны на оз. Урос выявлено 17 стоянок: на девяти из них есть временные сооружения (навесы, столы, скамейки, бани, туалеты), а на трех имеются постоянные сооружения – две избы и землянка. Все стоянки расположены на южном, восточном и северном берегах озера, т.к. западный и северо-западный берега сильно заболочены и к ним отсутствуют подъезды (рис. 1). Поскольку на оз. Урос находится наибольшее количество стоянок, для удобства анализа АМ на них они были поделены по расположению на побережье озера: южный берег – Ur1-Ur5, восточный – Ur6-Ur12 и северный – Ur13-Ur17. Суммарно стоянки вокруг этого озера занимают площадь, равную 2643 м², при этом на них максимально могут находиться 113 человек. С восточной стороны озера площадь стоянок максимальна (1303 м²), с северной – в два раза меньше (927 м²), а минимальная – с южной стороны (413 м²). Однако количество людей, посещающих восточный и северный берега, может быть практически одинаковым – 43 и 46 человек соответственно, что связано с различной вместимостью стоянок.

Из-за сильной заболоченности на побережье оз. Тилкуслампи имеются только 4 стоянки, все они находятся на юго-западном берегу на расстоянии от 150 до 260 м от озера, при этом первые три из них расположены непосредственно рядом с дорогой, проходящей вдоль озера. Общая площадь стоянок вокруг озера составляет 650 м², на озере может разместиться максимум 22 человека. На стоянках оз. Тилкуслампи встречаются временные сооружения (навесы, столы, скамьи).

Несмотря на то, что на побережье оз. Коверъярви находится только 4 стоянки с южной стороны водоема, их суммарная площадь составляет 741 м², что позволяет останавливаться на них 22 людям. На оз. Валгилампи все три стоянки помещены рядом друг с другом непосредственно у дороги, проходящей вдоль озера (общая площадь – 266 м², количество человек – 10). Несмотря на то, что на всех озерах, кроме оз. Урос, отсутствуют постоянные сооружения, они довольно часто посещаются, о чем свидетельствует наличие временных сооружений, таких как навесы, столы, скамейки, полевые бани. Среди других водоемов выделяется оз. Коверлампи, рядом с которым есть только одна стоянка, удаленная от него на 60 м. Это связано с отсутствием прямого подъезда к озеру из-за сложного рельефа местности.

Таким образом, суммарно площадь всех стоянок вокруг исследованных озер составляет 4398 м², что позволяет принять одновременно до 170 человек. Это оказывает довольно большую туристическую нагрузку на данную группу озер, что подтверждается результатами анализа АМ, найденного на стоянках.

Суммарно на стоянках вблизи исследованных озер Вендюрской группы было найдено 3820 единиц различного АМ (рис. 2). Наибольшее его количество было обнаружено на туристических стоянках оз. Урос (2053 шт.). Следующими по количеству выявленного мусора были стоянки оз. Тилкуслампи и Коверъярви – 954 и 721

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

шт. АМ соответственно. Наименее загрязненными среди исследованных озер оказались оз. Валгилампи и Коверлампи, на стоянках вблизи которых обнаружено только 62 и 30 шт. мусора соответственно (табл.).

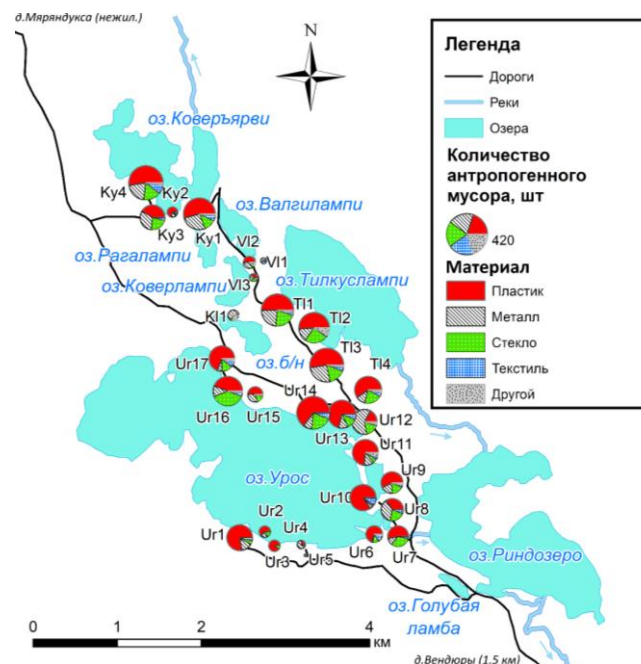


Рис. 2. Количественный и качественный состав антропогенного мусора на исследованных туристических стоянках
Fig. 2. Quantitative and qualitative composition of anthropogenic litter on the surveyed campsites

Таблица

Характеристика туристических стоянок и количество АМ на них
Characterization of the campsites and the quantity of anthropogenic litter on them

Озеро	Стоянка	Площадь стоянки, м ²	Макс. кол-во человек	Количество мусора на стоянке, шт.	Ds шт./м ²	Dp шт./чел
Урос	Ur1	89	4	165	1,85	41,3
	Ur2	118	4	32	0,27	8,0
	Ur3	61	4	32	0,52	8,0
	Ur4	74	4	2	0,03	0,5
	Ur5	70	8	17	0,24	2,1
	Ur6	142	4	108	0,76	27,0
	Ur7	99	4	68	0,69	17,0
	Ur8	126	4	123	0,98	30,8
	Ur9	236	12	117	0,50	9,8
	Ur10	331	3	168	0,51	56,0
	Ur11	180	8	167	0,93	20,9
	Ur12	189	8	156	0,82	19,5
	Ur13	314	16	195	0,62	12,2
	Ur14	181	8	268	1,48	33,5
	Ur15	73	4	58	0,79	14,5
	Ur16	135	12	216	1,60	18,0
	Ur17	223	6	161	0,72	26,8
Коверъярви	Ky1	241	8	251	1,04	31,4
	Ky2	87	2	26	0,30	13,0
	Ky3	157	8	153	0,97	19,1
	Ky4	256	4	291	1,14	72,8
Валгилампи	VI1	76	4	9	0,12	2,3
	VI2	93	2	17	0,18	8,5
Коверлампи	VI3	96	4	36	0,37	9,0
	KI1	99	2	30	0,30	15,0
Тилкуслампи	TI1	88	2	257	2,92	128,5
	TI2	141	4	231	1,63	57,8
	TI3	178	8	286	1,61	35,8
	TI4	242	8	180	0,74	22,5

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

Всего на стоянках вблизи малых озер было выявлено 53 вида различного мусора согласно классификатору OSPAR (рис. 3). Наиболее часто встречались бутылки стеклянные (17 % от общего количества) и пластиковые (15 %), консервные банки (14 %), маленькие полиэтиленовые пакеты (9 %) и синтетические веревки (8 %). По 4 % приходилось на алюминиевые банки, большие полиэтиленовые пакеты и одноразовые контейнеры для еды. Остальные виды мусора, состоящие из пластиковых, металлических, бумажных, текстильных и стеклянных материалов, составляли 25 % (рис. 3).

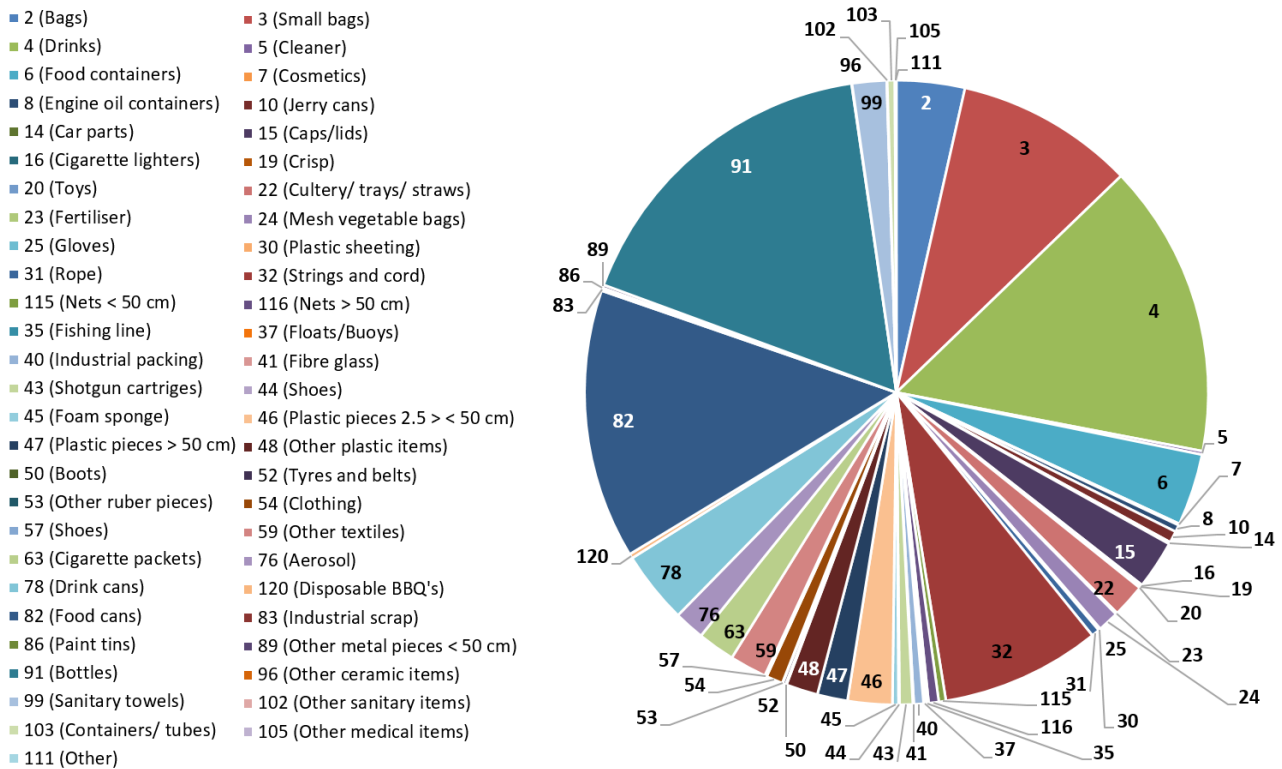


Рис. 3. Состав мусора на стоянках вблизи обследованных малых озер
Fig. 3. Composition of anthropogenic litter near the surveyed small lakes

Наиболее загрязненными являются стоянки восточного и северного берегов оз. Урос, что, по-видимому, связано с удобным расположением рядом с дорогой и легкой транспортной доступностью. При этом количество АМ на них является практически одинаковым (рис. 2): на стоянках восточного берега – 907 шт., а на северном – 898 шт. На некоторых стоянках было обнаружено складирование мусора в виде свалок и ям, чаще всего в них встречались стеклянные и пластиковые бутылки, консервные банки, контейнеры из-под еды и одноразовая посуда, полиэтиленовые пакеты, банки алюминиевые и газовые баллоны. На южном берегу было найдено в 3,7 раза меньше АМ (248 шт.), что связано с несколькими факторами, в том числе труднодоступностью стоянок. Стоянки Ur4 и Ur5 не использовались длительное время, о чем свидетельствует минимально найденное количество мусора (2 и 17 шт. соответственно). Несмотря на то, что стоянки Ur2 и Ur3 посещаются регулярно, они были организованы сравнительно недавно (менее 10 лет назад). Больше всего мусора было выявлено на первой стоянке (рис. 2), она пользуется популярностью длительное время (ориентировочно с 80-х гг. прошлого века): на ней построена землянка, имеются навес и стол.

Пластиковый мусор встречался на побережье оз. Урос наиболее часто, а металлические и стеклянные предметы обнаруживались в практически одинаковых пропорциях (рис. 4). Из них на стоянках водоема встречались: стеклянные (16 % от общего количества) и пластиковые (16 %) бутылки, консервные банки (13 %), синтетические веревки (11 %), маленькие полиэтиленовые пакеты (7 %). На большие полиэтиленовые пакеты и фрагменты пластика (от 2,5 до 50 см) приходилось 4 %, в то время как на другие виды мусора – 29 %.

Экология и природопользование

Зобков М.Б., Зобкова М.В.

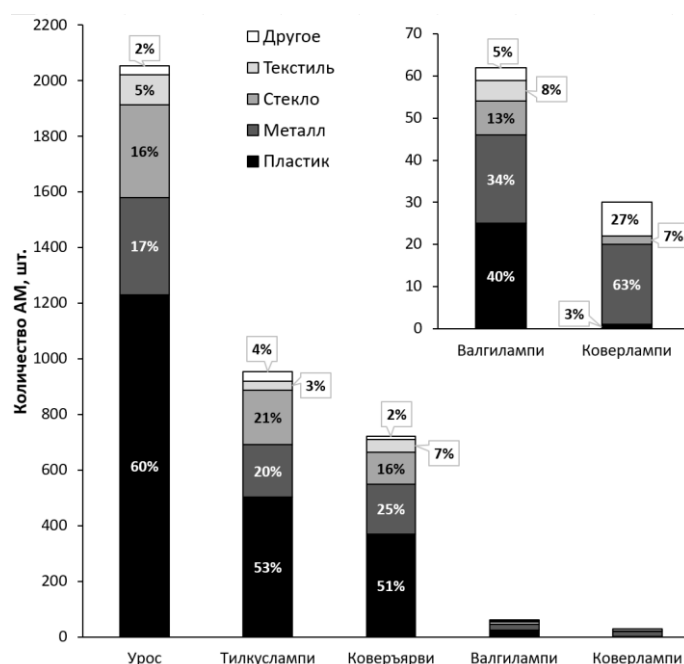


Рис. 4. Количество и материал антропогенного мусора (АМ) на туристических стоянках исследованных озер (шт.).
Fig. 4. The quantity of and the materials constituting the anthropogenic litter found on tourist campsites near the surveyed lakes (pcs.)

Помимо подсчетов общего количества мусора, найденного на стоянках, определяли относительное его количество в пересчете на площадь стоянки (D_s , шт./м²) и на одного человека (D_p шт./чел). Для оз. Урос они составили в среднем 0,76 шт./м² и 20,3 шт./чел соответственно. Для стоянок с разных берегов озера эти показатели отличались: южный – 0,58 и 12,0, восточный – 0,69 и 25,8, северный – 1,04 шт./м² и 21,0 шт./чел соответственно. Стоит отметить, что основной вклад в плотность мусора, оставленного на площадь стоянки и на количество человек для стоянок южного берега озера, вносит ст. Ur1 с ее повышенными значениями, в то время как на Ur2-Ur5 они были низкими (табл.). Что касается стоянок восточного и северного берегов, то их явное отличие выявлено только по плотности мусора на единицу площади, что обусловлено разной площадью расположенных на них стоянок (с восточной стороны озера площадь стоянок в 2 раза больше) при практически одинаковом количестве мусора и туристов. Эти данные свидетельствуют о том, что стоянки южного берега оз. Урос (кроме Ur1) являются значительно чище стоянок восточного и северного берегов. При этом плотность пластикового мусора на площадь стоянки и количество человек являлась максимальной, в отличие от других видов мусора, и составляла 59 и 63 % соответственно (рис. 5). Таким образом, можно заключить, что на уровень загрязнения АМ влияют как транспортная доступность, так и время существования самой стоянки, т.е. накопления мусора.

Все стоянки рядом с оз. Тилкуслампи характеризовались большим удалением от озера, при этом мусор был обнаружен не только на самих стоянках, но и на берегу водоема, приуроченного к ним. На берегу озера чаще всего встречались пластиковые бутылки, куски синтетической веревки, фрагменты сетей разного размера. Пластиковые бутылки с привязанными к ним веревками используются рыбаками в качестве поплавков для постановки сетей, а найденные овощные сетки из полимерных материалов с вложенными внутрь камнями – в качестве якорей. Все эти предметы являются прямыми источниками поступления частиц пластика в водоем. Надо отметить, что такие находки встречались также на берегах оз. Урос и Коверъярви, где активно ведется рыбная ловля.

Несмотря на то, что по сравнению с оз. Урос на побережье Тилкуслампи было выявлено в два раза меньше мусора, там также преобладали пластиковые отходы и довольно часто встречались металлические и стеклянные предметы (рис. 3). На стоянках Тилкуслампи было найдено много пластиковых (21 % от всего мусора) и стеклянных (16 %) бутылок, консервных банок (13 %), маленьких пластиковых пакетов (11 %) и синтетических веревок (6 %). По 4 % приходилось на алюминиевые банки и контейнеры для еды, а 25 % – на другие виды мусора. Для всех стоянок оз. Тилкуслампи были выявлены повышенные плотности АМ как на единицу площади стоянки, так и в пересчете на одного человека, которые составили в среднем 1,73 шт./м² и 61,1 шт./чел соответственно. При этом для T11 были получены максимальные значения D_s и D_p среди всех исследованных озер (табл.). Такие высокие значения вызваны небольшой площадью самой стоянки, малым количеством возможных посетителей, но при этом высокой ее загрязненностью АМ (табл.). По плотности АМ на как на единицу площади стоянки, так и в пересчете на одного человека пластиковый мусор преобладал среди других видов мусора (рис. 5). Стоит отметить, что среди всех обследованных озер стоянки оз. Тилкуслампи по этим показателям являются самыми загрязненными, хотя на оз. Урос было выявлено в два раза больше АМ.

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

Состав АМ на оз. Коверлампи близок к таковому на оз. Урос и Тилкуслампи (рис. 3). На всех этих озерах преобладали пластиковые отходы. Можно отметить, что, помимо часто встречающихся бутылок, банок, пакетов и веревок (суммарно на Коверъярви на них приходится 67 % от мусора), на водоеме было найдено довольно много баллонов из-под аэрозолей и отдельных фрагментов пластика (4 и 3 % соответственно). На Коверъярви, как и в случае оз. Урос и Тилкуслампи, выявлены довольно высокие значения плотности АМ в пересчете на единицу площади стоянки и в пересчете на одного человека (0,86 шт./м² и 34,1 шт./чел соответственно), что свидетельствует о повышенной загрязненности стоянок этого озера. При этом максимальные значения Ds и Dp определены для АМ, изготовленного из пластика (рис. 5).

На оз. Валгилампи и Коверлампи было обнаружено меньше всего АМ (табл.). Доля пластикового мусора на оз. Валгилампи была меньше, чем на водоемах, описанных ранее, при этом возрастала доля металлических отходов в его общем составе (рис. 4). На этом водоеме было отмечено много консервных банок (27 % от всего мусора), также часто встречались маленькие пакеты (15 %), синтетические веревки (8 %) и алюминиевые банки (6 %). Надо отметить, что бутылок было значительно меньше, чем на водосборе других озер: стеклянных – 11 %, а пластиковых – всего 4 %. На стоянках

также был найден текстиль (5 %) и пластиковые крышки (5 %), на другие виды отходов приходилось 19 %. Состав АМ на оз. Коверлампи отличался от такового на других водоемах еще больше: в нем доминировали металлические предметы, а на пластиковые приходилось только 3 % (рис. 3). На стоянке было много консервных (50 % от общего количества АМ) и алюминиевых банок (13 %), встречались синтетические гигиенические салфетки (27 %), а также стеклянные (7 %) и пластиковые бутылки (3 %). Другого мусора обнаружено не было. Стоянки оз. Валгилампи и Коверлампи были гораздо чище, чем на других озерах, что подтверждается низкой плотностью АМ на как на единицу площади стоянки, так и в пересчете на одного человека, которые для этих озер составили 0,22 и 6,6, а также 0,30 и 15,0 шт./чел соответственно (рис. 5).

Таким образом, среди всех исследованных озер больше всего АМ было обнаружено на побережье оз. Урос, что связано с его сравнительно большой площадью и транспортной доступностью, привлекательностью для рыболовов и туристов. Вместе с тем оз. Тилкуслампи оказалось лидером по плотности загрязнения стоянок в расчете на площадь стоянки и количество людей. Наиболее распространенным материалом был пластик (рис. 2), на который приходилось 56 % изделий, предметы из металла и стекла составляли 20 и 17 % соответственно, а текстильные – 5 %. Остальные материалы представлены в количестве 2 %. Таким образом, найденный на стоянках АМ является потенциальным источником поступления микропластика в исследованные озера в результате разрушения пластиковых изделий под воздействием солнечного света и механического воздействия [6]. Логичным продолжением этих работ будет являться оценка загрязнения этих озер частицами микропластика.

По направлениям использования на всех стоянках преобладали предметы, связанные с приемом пищи (от 38 до 40 % на разных озерах, в среднем 38 %). На втором месте по встречаемости стабильно находились предметы общего применения (от 25 до 34 %, в среднем 29 %), на третьем – предметы, связанные с потреблением различных напитков (от 19 до 25 %, в среднем 21 %), а на четвертом – предметы личной гигиены (от 2 до 5 %, в среднем 4 %). Эти четыре категории составляли более 90 % всего обнаруженного АМ. При этом на остальные категории АМ приходилось не более 1–2 %. Таким образом можно заключить, что на всех обследованных озерах состав АМ по направлению его первичного использования близок и представлен товарами, связанными с потреблением еды и напитков. В среднем их доля от общего количества АМ на обследованных стоянках составляла 59 %.

Статистическая обработка результатов показала, что количество мусора на туристических стоянках прямо пропорционально их площади (Тест Пирсона, $p = 4,11 \cdot 10^{-4} < 0,05$, $R = 0,61$, $df = 27$). При этом связь с максимальным количеством человек также статистически значима (Тест Пирсона, $p = 0,039 < 0,05$, $R = 0,38$, $df = 27$), но

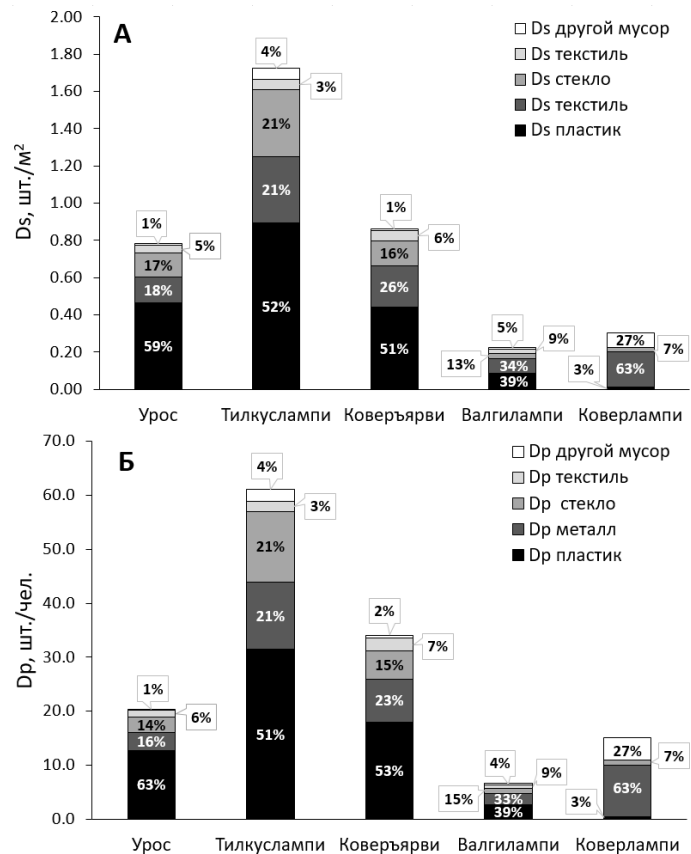


Рис. 5. Плотность антропогенного мусора в пересчете на единицу площади стоянки (А) и в пересчете на одного человека (Б)
Fig. 5. Density of anthropogenic litter per unit of a camp area (A) and per person (B)

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

существенно слабее. Таким образом, площадь стоянки является лучшим предиктором для оценки загрязненности АМ, чем максимальное число отдыхающих. По всей видимости это вызвано тем, что оценка количества человек, примененная в данном случае, зависит от большего числа факторов, каждый из которых вносит свою неопределенность в результаты оценки. При этом далеко не всегда это максимальное число отдыхающих достигается, и, как правило, оно в 2–4 раза меньше оценочного.

Как было указано ранее, методика OSPAR предполагает расчет количества АМ на 100 м маршрута, что усложняет сравнение с результатами, полученными в данном исследовании для туристических стоянок, где за основу принято количество единиц АМ на площадь стоянки или максимальное количество отдыхающих. Однако в некоторых исследованиях, посвященных загрязнению пляжей, приводится также и количество АМ на единицу площади пляжа, что позволяет провести сравнение полученных нами результатов с наблюдаемыми в других регионах мира. Так, для пляжей оз. Мичиган (Канада) средний уровень загрязнения составил около 0,01 шт./м² [17]. В своей работе [17] авторы подчеркивают, что это существенно ниже, чем получено ими в процессе обобщения данных для морских пляжей (1,82 шт./м²). На побережье Балтийского моря (Калининградская область, Россия), по данным [3], загрязнение различных пляжей АМ варьировало от 0,06 до 1,47 шт./м². Проведенная недавно оценка количественного и качественного состава антропогенного морского мусора на западном побережье Крыма [2] показала, что загрязненность пляжей этого региона составляет от 0,07 до 0,15 шт./м². Как видно из рис. 4, загрязненность исследованных нами туристических стоянок малых озер имеет близкие значения к загрязнению морских пляжей и в ряде случаев его превышает. Вместе с тем доля пластиковых изделий несколько ниже. Так, О.И. Лобчук и А.В. Килесо [3] сообщают, что на пляжах Балтики на пластиковые изделия в среднем приходится 90 % мусора, а на побережье Крыма – около 77 % [2]. Возможная причина этого – удельная плотность различных материалов. Так, стекло, алюминий и сталь, из которых, помимо пластика, изготавливается большая часть упаковки, имеют плотность 2,6–7,9 г/см³, что способствует их затоплению в прибрежной зоне. Вместе с тем пластик, плотность которого составляет не более 1,5 г/см³, остается на плаву и легко транспортируется на дальние расстояния. Из-за этой особенности на морских пляжах в результате штормов происходит перераспределение мусора, на туристических же стоянках бореальных озер, как правило, защищенных от волновых явлений, такого перераспределения не происходит.

Со стоянки Ug1 было вывезено 13 строительных мешков общим объемом 520 л. Расчет показывает, что на одну единицу АМ в среднем приходится около 3,2 л транспортного объема (без прессования). Таким образом, на обследованных стоянках озер находится около 12,2 м³ АМ, или (в пересчете на площадь обследованного участка размером 5x5 км) порядка 0,5 м³/км². Для промышленных объемов вывоза это небольшое количество, которое может поместиться в кузове одного грузового автомобиля, однако при учете сложной транспортной доступности территории и рассредоточенности мусора, его централизованный вывоз вряд ли может быть когда-либо осуществлен. Также следует отметить, что подобная ситуация с загрязнением наблюдается на водных объектах Карелии повсеместно. При площади лесного фонда Республики около 145 тыс. км² объем аккумулированного на настоящий момент в лесах мусора может составлять около 72,5 тыс. м³, или 0,12 м³ в пересчете на каждого жителя Карелии. Таким образом на настоящий момент проблема загрязнения водосборных территорий в местах размещения неорганизованных туристических стоянок может быть решена только силами самих посетителей. Для исправления существующей ситуации гражданам необходимо не только забирать с собой весь образовавшийся в процессе посещения лесов и водоемов мусор, но и уже накопившейся. Решением проблемы также может стать привлечение волонтерских организаций к уборке прибрежных территорий, как это практикуется в других странах мира [17, 19].

Заключение

В рамках изучения влияния рекреационной деятельности на загрязнение водосборов малых озер Карелии АМ в 2021 г. проведены исследования на оз. Урос, Тилкуслампи, Коверъярви, Валгилампи и Коверлампи в районе расположения «горячих точек» такого загрязнения – туристических стоянок. В результате проведенных работ предложен новый подход, позволяющий оценить загрязненность водосборов озер АМ, а также различные виды метрик, которые возможно в дальнейшем использовать при мониторинге загрязнения водосборов озер бореальной зоны. Показано, что количество мусора на туристических стоянках связано как с площадью самих стоянок, так и с максимально возможным количеством отдыхающих на них. При этом площадь стоянки является более надежным предиктором ввиду меньшего количества субъективных параметров при проведении оценки.

Получены новые данные о загрязненности водосборов модельных малых озер Карелии АМ. Антропогенный мусор был обнаружен на всех стоянках исследованных озер (всего 3820 шт.), а максимальное его количество на самом крупном из обследованных – оз. Урос (2053 шт.). При этом в пересчете количества АМ на единицу площади стоянки и на одного человека самыми загрязненными оказались стоянки оз. Тилкуслампи, что подтверждается высокими значениями этих показателей (в среднем 1,73 шт./м² и 61,1 шт./чел соответственно). Загрязнение туристических стоянок обследованных малых озер в пересчете на площадь сопоставимо с загрязнением морских пляжей и в ряде случаев его превышает.

По направлению первичного использования преобладали предметы, связанные с приемом пищи и напитков (в среднем 59 %). Помимо пластиковых изделий, на которые приходилось 56 % от всех отходов, были найдены предметы из металла, стекла и текстиля (20, 17 и 5 % соответственно). Остальные виды мусора составляли только 2 %. Превалирование пластиковых изделий в общем составе АМ показывает, что оставленные на побережье озер АМ являются

Экология и природопользование

Зобков М.Б., Зобкова М.В.

потенциальным источником поступления микропластика в исследованные озера в результате разрушения этих пластиковых изделий на их водосборах.

Таким образом, представленная в статье методика может применяться для мониторинга загрязнения водосборов озер бореальной зоны АМ. Из-за трудной транспортной доступности и рассредоточенности мусора, его централизованный вывоз с побережий озер и территории лесного фонда вряд ли может быть когда-либо осуществлён. Для решения проблемы необходимо проводить разъяснительную работу среди населения, вывозить мусор силами отдыхающих, привлекать волонтерские организации к очистке территорий. Полученные результаты позволили ориентировочно оценить объемы АМ, аккумулированного в лесном фонде Республики Карелия.

Библиографический список

1. Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И., Лысенко С.В. Загрязнение антропогенным мусором побережий внутренних прибрежных вод на примере Вислинского залива Балтийского моря // Мезомасштабные и субмезомасштабные процессы в гидросфере и атмосфере МСП-2018. 2018. С. 119–122.
2. Кальпа В.А., Багаев А.В. Оценка количественного и качественного состава антропогенного морского мусора на западном побережье Крыма // XXIX Береговая конференция: Натурные и теоретические исследования в практику берегопользования. 2022. С. 467–469.
3. Лобчук О.И., Килесо А.В. Пространственное распределение и источники антропогенного морского мусора на побережье Калининградской области // Гидрометеорология и экология. 2020. №. 61. С. 521–533. doi: 10.33933/2074-2762-2020-61-521-533
4. Новиков М.А., Горбачева Е.А., Прохорова Т.А., Харламова М.Н. Состав и распределение морского антропогенного мусора на акватории Баренцева моря // Океанология. 2021. Т. 61, №. 1. С. 56–66. doi: 10.31857/S0030157421010147
5. Озера Карелии: справочник / под ред. Н.Н. Филатов, В.И. Кухарев. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 464 с.
6. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // Marine pollution bulletin. 2011. Vol. 62, No. 8. P. 1596–1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
7. Araújo M.C., Silva-Cavalcanti J.S., Costa M.F. Anthropogenic litter on beaches with different levels of development and use: A snapshot of a coast in Pernambuco (Brazil) // Frontiers in Marine Science. 2018. Vol. 5. P. 233. doi: 10.3389/fmars.2018.00233
8. Ashton K., Holmes L., Turner A. Association of metals with plastic production pellets in the marine environment // Marine pollution bulletin. 2010. Vol. 60, No. 11. P. 2050–2055. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.014
9. Bravo M., De los Angeles Gallardo M., Luna-Jorquera G., Núñez P., Vásquez N., Thiel M. Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers // Marine pollution bulletin. 2009. Vol. 58, No. 11. P. 1718–1726. doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.017
10. Cole M., Webb H., Lindeque P.K., Fileman E.S., Halsband C., Galloway T.S. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms // Scientific reports. 2014. Vol. 4, No. 1. P. 4528. doi: 10.1038/srep04528
11. Derraik J.G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review // Marine pollution bulletin. 2002. Vol. 44, No. 9. P. 842–852. doi: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5
12. Do Sul J.A.L., Costa M.F. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? // Marine Pollution Bulletin. 2007. Vol. 54, No. 8. P. 1087–1104. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.05.004
13. Ershova A.A., Eremina T.R., Chubarenko I.P., Esiukova E.E. Marine litter in the Russian Gulf of Finland and South-East Baltic: application of different methods of beach sand sampling // Plastics in the Aquatic Environment-Part I: Current Status and Challenges. Cham: Springer International Publishing, 2021. P. 461–485.
14. Frias J.P.G.L., Sobral P., Ferreira A.M. Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast // Marine pollution bulletin. 2010. Vol. 60, No. 11. P. 1988–1992. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.030
15. Gregory M.R., Andrady A.L. Plastics in the marine environment. In Plastics and the Environment / Andrady, A.L., Ed.; John Wiley and Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA, 2003. P. 379–401.
16. Hammer J., Kraak M.H.S., Parsons J.R. Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift // Reviews of environmental contamination and toxicology. 2012. С. 1–44.
17. Hoellein T.J., Westhoven M., Lyandres O., Cross J. Abundance and environmental drivers of anthropogenic litter on 5 Lake Michigan beaches: A study facilitated by citizen science data collection // Journal of Great Lakes Research. 2015. Vol. 41, No. 1. P. 78–86. doi: 10.1016/j.jglr.2014.12.015
18. Hoellein T.J., Rojas M., Pink A., Gasior J., Kelly J.J., Anthropogenic litter in urban freshwater ecosystems: distribution and microbial interactions // PloS one. 2014. Vol. 9, No. 6. P. e98485. doi: 10.1371/journal.pone.0098485
19. Mayoma B.S., Mjumira I.S., Efulala A., Syberg K., Khan F.R. Collection of anthropogenic litter from the shores of Lake Malawi: Characterization of plastic debris and the implications of public involvement in the African Great Lakes // Toxics. 2019. Vol. 7, No. 4. P. 64. doi: 10.3390/toxics7040064
20. Meyer G., Puig-Lozano R., Fernández A. Anthropogenic litter in terrestrial flora and fauna: Is the situation as bad as in the ocean? A field study in Southern Germany on five meadows and 150 ruminants in comparison with marine debris // Environmental Pollution. 2023. Vol. 323. P. 121304.
21. OSPAR Commission. Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area. Edition 1.0. 2010. URL: https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf
22. Zbyszewski M., Corcoran P.L., Hockin A. Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America // Journal of Great Lakes Research. 2014. Vol. 40, No. 2. P. 288–299. doi: 10.1016/j.jglr.2014.02.012

Экология и природопользование
Зобков М.Б., Зобкова М.В.

References

1. Esiukova E. E., Khatmullina L.I. Lysenko S.V. (2018) Zagrzaznenie antropogennym musorom poberezhii vnutrennih pribrezhnyh vod na primere Vislinskogo zaliva Baltijskogo morja Mezomasshtabnye i submezomasshtabnye processy v gidrosfere i atmosfere MSP-2018. pp. 119-122.
2. Kal'pa V. A., Bagaev A. V. (2022) Ocenka kolichestvennogo i kachestvennogo sostava antropogennogo morskogo musora na zapadnom poberezh'e Kryma. XXIX Beregovaja konferencija: Naturnye i teoreticheskie issledovanija-v praktiku beregopol'zovanija. Pp. 467-469.
3. Lobchuk O. I., Kileso A. V. (2020) Prostranstvennoe raspredelenie i istochniki antropogennogo morskogo musora na poberezh'e Kaliningradskoj oblasti. *Gidrometeorologija i jekologija*. no. 61. pp. 521-533. DOI: 10.33933/2074-2762-2020-61-521-533
4. Novikov, M. A., Gorbacheva, E. A., Prohorova, T. A., Harlamova, M. N. (2021) Sostav i raspredelenie morskogo antropogennogo musora na akvatorii Barenceva morja *Okeanologija*. Vol. 61. no. 1. pp. 56-66. DOI: 10.31857/S0030157421010147
5. Ozera Karelii. Spravochnik. N. N. Filatov, V. I. Kuharev. (eds.) 2013. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN. 464 p.
6. Andradý A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, vol.62. no. 8. pp.1596-1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
7. Araújo, M. C., Silva-Cavalcanti, J. S., & Costa, M. F. (2018). Anthropogenic litter on beaches with different levels of development and use: a snapshot of a coast in Pernambuco (Brazil). *Frontiers in Marine Science*, no. 5, p.233. DOI: 10.3389/fmars.2018.00233
8. Ashton, K., Holmes, L., & Turner, A. (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, vol. 60. no. 11. pp. 2050-2055. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.014
9. Bravo, M.; De los Angeles Gallardo, M.; Luna-Jorquera, G.; Núñez, P.; Vásquez, N.; Thiel, M. (2009). Anthropogenic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): Results from a national survey supported by volunteers. *Marine pollution bulletin*, vol. 58 no. 11. pp. 1718-1726. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.06.017
10. Cole M., Webb H., Lindeque P.K., Fileman E.S., Halsband C., Galloway T.S. (2014). Isolation of microplastics in biotrich seawater samples and marine organisms. *Scientific reports*, vol. 4. no. 1. p. 4528. DOI: 10.1038/srep04528
11. Derraik, J.G.B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*. vol. 44. no. 9. pp. 842-852. DOI: 10.1016/S0025-326X(02)00220-5
12. Do Sul, J.A.I.; Costa, M.F. (2007). Marine debris review for Latin America and the wider Caribbean region: from the 1970s until now, and where do we go from here?. *Marine Pollution Bulletin*. vol. 54. no. 8. pp. 1087-1104. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2007.05.004
13. Ershova, A. A., Eremina, T. R., Chubarenko, I. P., & Esiukova, E. E. (2021). Marine litter in the Russian Gulf of Finland and South-East Baltic: application of different methods of beach sand sampling. In *Plastics in the Aquatic Environment-Part I: Current Status and Challenges*. pp. 461-485. Cham: Springer International Publishing.
14. Frias, J. P. G. L., Sobral, P., & Ferreira, A. M. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine pollution bulletin*. vol. 60. no.11. pp. 1988-1992. DOI 10.1016/j.marpolbul.2010.07.030
15. Gregory, M.R., Andradý, A.L. (2003). *Plastics in the marine environment*. In *Plastics and the Environment*. Andradý, A.L., Ed.; JohnWiley and Sons Inc.: Hoboken, NJ, USA. pp. 379–401.
16. Hammer, J., Kraak, M. H., & Parsons, J. R. (2012). *Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift*. *Reviews of environmental contamination and toxicology*. pp. 1-44.
17. Hoellein, T. J., Westhoven, M., Lyandres, O., & Cross, J. (2015). Abundance and environmental drivers of anthropogenic litter on 5 Lake Michigan beaches: A study facilitated by citizen science data collection. *Journal of Great Lakes Research*. vol.41. no. 1. pp. 78-86. DOI: 10.1016/j.jglr.2014.12.015
18. Hoellein, T., Rojas, M., Pink, A., Gasior, J., & Kelly, J. (2014). Anthropogenic litter in urban freshwater ecosystems: distribution and microbial interactions. *PloS one*, vol. 9 no. 6, p. e98485. DOI: 10.1371/journal.pone.0098485
19. Mayoma, B. S., Mjumira, I. S., Efudala, A., Syberg, K., & Khan, F. R. (2019). Collection of anthropogenic litter from the shores of Lake Malawi: Characterization of plastic debris and the implications of public involvement in the African Great Lakes. *Toxics*. Vol. 7. No. 4. p. 64. DOI: 10.3390/toxics7040064
20. Meyer, G., Puig-Lozano, R., Fernández, A. (2023). Anthropogenic litter in terrestrial flora and fauna: Is the situation as bad as in the ocean? A field study in Southern Germany on five meadows and 150 ruminants in comparison with marine debris. *Environmental Pollution*. no.323. pp. 121304.
21. OSPAR Commission. *Guideline for monitoring marine litter on the beaches in the OSPAR maritime area*. (2010). Edition 1.0. https://www.ospar.org/ospar-data/10-02e_beachlitter%20guideline_english%20only.pdf
22. Zbyszewski, M., Corcoran, P. L., & Hockin, A. (2014). Comparison of the distribution and degradation of plastic debris along shorelines of the Great Lakes, North America. *Journal of Great Lakes Research*. vol. 40. no. 2. pp. 288-299. DOI: 10.1016/j.jglr.2014.02.012

Статья поступила в редакцию: 25.12.23, одобрена после рецензирования: 18.03.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 12 December 2023; approved after review: 18 March 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

*Экология и природопользование**Зобков М.Б., Зобкова М.В.*

Информация об авторах

Михаил Борисович Зобков

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории гидрохимии и гидрогеологии

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»;

185030, Россия, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

e-mail: ya-mikhailz@yandex.ru

Information about the authors

Mikhail B. Zobkov

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Hydrochemistry and Hydrogeology,

Northern Water Problems Institute at the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences;

50, prospekt A. Nevskogo, Petrozavodsk, 185030, Russia

Мария Валентиновна Зобкова

кандидат химических наук, научный сотрудник лаборатории гидрохимии и гидрогеологии

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»;

185030, Россия, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

Maria V. Zobkova

Candidate of Chemistry Sciences, Researcher, Laboratory of Hydrochemistry and Hydrogeology, Northern Water Problems Institute at the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences;

50, prospekt A. Nevskogo, Petrozavodsk, 185030, Russia

Вклад авторов

Зобков М.Б. – идея, методология, сбор материала, обработка материала, интерпретация результатов, рисунки, написание статьи, научное редактирование текста.

Зобкова М.В. – сбор материала, обработка материала, интерпретация данных, рисунки, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Contribution of the authors:

Mikhail B. Zobkov – conceptualization; methodology; data collection and processing; interpretation of the results; visualization; writing of the original draft; scientific editing;

Maria V. Zobkova – data collection and processing; data interpretation; visualization; writing of the original draft; scientific editing.

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

Научная статья

УДК 504.3.054

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-145-159

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Алсу Валерьевна Семакина

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

alsen13@list.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы, связанные с сбором, анализом и картографической интерпретацией данных, характеризующих состояние атмосферного воздуха на территории РФ. В рамках данного исследования проведен пространственный анализ изменчивости структуры выбросов на территории РФ. Автором с применением методов математического моделирования и web-картографирования были получены карты объемов эмиссии поллютантов, типов выбросов, концентраций «основных» загрязняющих веществ и комплексного индекса загрязнения атмосферы на территории РФ. Покомпонентный анализ структуры выбросов по регионам РФ позволил выделить следующие типы структур выбросов: топливно-энергетический, металлургический, нефтедобывающий, газотранспортный, полиотраслевой (в т.ч. с высоким и низким промышленным потенциалом). Технологический подход, используемый в данной классификации, позволяет определить приоритетные источники-загрязнители (предприятия, отрасли), ответственные за формирование того или иного уровня загрязнения в пределах субъекта РФ. Для пространственного анализа уровня загрязнения был осуществлен расчёт концентраций основных поллютантов и комплексного индекса. Анализируя полученный картографический материал, можно выделить 4 крупных ареала загрязнения атмосферного воздуха: Норильский, Центрально-Уральский, Поволжский, Печоро-Воркутинский. Наряду с крупными ареалами загрязнения можно отметить локальное снижение качества атмосферного воздуха вблизи крупных городов. Полученный картографический материал представлен на геопортале «Комфортная среда» (komfortsreda.udsu.ru) в разделе «Россия». Размещение на геопортале «Комфортная среда» картографического материала может представлять интерес для населения как с профессиональной точки зрения (экологи, застройщики и др.), так и с позиции личной заинтересованности в выборе наиболее благополучных в экологическом отношении территорий проживания.

Ключевые слова: атмосферный воздух, выбросы поллютантов, уровень загрязнения атмосферы, РФ

Для цитирования: Семакина А.В. Картографирование загрязнения атмосферного воздуха на территории Российской Федерации // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 145–159. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-145-159

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-145-159

MAPPING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION IN THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Alsu V. Semakina

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

alsen13@list.ru

Abstract. The paper deals with issues related to the collection, analysis, and cartographic interpretation of data characterizing the state of atmospheric air in the territory of the Russian Federation. As part of the study, a spatial analysis of the variability of the emissions structure was carried out. Using mathematical modeling and web mapping methods, the author obtained maps of pollutant emissions, types of emissions, concentrations of ‘main’ pollutants, and a complex index of atmospheric pollution. A component-by-component analysis of the emissions structure by regions of the Russian Federation identified the following types of the structure: fuel-and-energy, metallurgical, oil production, gas transportation, and multi-industry type (with the latter represented by two types – with high and low industrial potential). The technological approach used in this classification makes it possible to identify priority sources of pollutants (enterprises, industries) responsible for the formation of a particular level of pollution within a particular entity of the Russian Federation. For the spatial analysis of the pollution level, the concentrations of the main pollutants were calculated and, by comprehensively analyzing the obtained cartographic material, 4 large areas of atmospheric air pollution were identified: Norilsk, Central Ural, Volga, Pechora-Vorkuta. Along with these, a local decrease in the quality of atmospheric air near large cities can be noted. The resulting cartographic material is presented on the Comfortable Environment geportal (komfortsreda.udsu.ru) in the ‘Russia’ section. It may be of interest to the population both from a professional point of view (this concerning environmentalists, developers, etc.) and from a position of personal interest in choosing the most environmentally friendly areas of residence.

Keywords: atmospheric air, emissions of pollutants, air pollution level, Russian Federation

For citation: Semakina, A.V. (2024). Mapping of atmospheric air pollution in the territory of the Russian Federation. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 145–159. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-145-159



Введение

Потребность в репрезентативной, корректной и своевременной информации о состоянии окружающей среды связана с формированием на современном этапе развития общества понимания значимости роли данного фактора в экономическом и политическом развитии страны. Среди всех компонентов окружающей среды атмосферный воздух характеризуется наибольшей динамичностью и одновременно с этим оказывает значительное воздействие на состояние здоровья населения. При этом картографическая визуализация данных о состоянии окружающей среды является самым корректным способом отражения пространственной информации, а карта – самым доступным каналом такого рода информации.

Многообразие источников информации о состоянии атмосферного воздуха, ее видов, подходов к сбору и картографическому представлению, а также наличие высокого спроса на подобного рода информацию приводят к накоплению разнообразных по степени репрезентативности картографических материалов, отражающих состояние атмосферного воздуха. Релевантность используемой информации и подхода к ее картографической визуализации напрямую влияет на качество предоставляемой информации и на эффективность административно-управленческих решений, принимаемых на базе данного рода информации.

На данный момент дефицит объективной количественной информации о состоянии атмосферного воздуха по данным государственного мониторинга в РФ, с одной стороны, и формирование общественного понимания степени влияния факторов окружающей среды (в т.ч. состояния атмосферного воздуха) на здоровье населения [1, 24], с другой стороны, приводят к появлению общественных и коммерческих сервисов и ресурсов предоставления информации о состоянии атмосферного воздуха, содержащих данные, которые не всегда отвечают требованиям репрезентативности. Дефицит данных о состоянии окружающей среды, нерепрезентативность используемых исходных данных о состоянии атмосферы, полученных в ходе общественного мониторинга, или некорректность их интерпретации могут быть использованы как инструмент политического или социального манипулирования [25, 36]. Прикрытие «экологическими» лозунгами особых интересов локальных групп может осуществляться для лоббирования экономических, технологических, социальных решений, не связанных с охраной окружающей среды и здоровья населения. В некоторых случаях возможно применение «экологического шантажа» [16, 51]. При этом достаточно широко распространен опыт использования приемов «гринвошинга» (дословно «зеленого отмывания») предприятиями с целью введения потребителей (населения) в заблуждение относительно экологичности производства, продукции или услуги [27, 28]. Таким образом, остро стоит вопрос формирования репрезентативного картографического материала, отражающего достоверную в пространственно-временном отношении картину состояния атмосферного воздуха на территории РФ.

Объектом исследования является химическое загрязнение атмосферного воздуха РФ. Предмет исследования – совокупность подходов к оценке и картографической интерпретации данных о состоянии атмосферного воздуха. Целью данного исследования является картографирование состояния атмосферного воздуха на территории РФ. Для достижения поставленной цели был сформулирован ряд задач:

1. Анализ и выбор источника информации, используемого для картографирования атмосферных проблем на территории РФ;
2. Анализ и выбор комплекса показателей, отражающих уровень загрязнения атмосферы на территории РФ;
3. Определение способов картографического изображения атмосферных проблем на территории РФ;
4. Картографирование загрязнения атмосферного воздуха на территории РФ и анализ полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Получение исходной информации о состоянии атмосферного воздуха

В связи с высокой динамичностью атмосферы, использование ранее проведенных исследований, касающихся состояния атмосферного воздуха, в качестве источника информации оправдано лишь в части ретроспективной оценки динамики показателей. Опираясь на классификационный подход, основанный на научных методах и технических приемах получения информации, источники информации о состоянии атмосферного воздуха можно группировать по следующим категориям:

1. Мониторинг концентраций ЗВ и факторов рассеяния;
2. Статистические данные об объемах эмиссии загрязняющих веществ;
3. Методы дистанционного зондирования Земли;
4. Методы математического моделирования;
5. Натурные исследования других природных сред, косвенно характеризующих состояние атмосферного воздуха.

В рамках данного исследования характеристика состояния атмосферного воздуха РФ осуществлялась на основании следующих источников информации:

- мониторинг концентраций ЗВ и факторов рассеяния, проводимый в рамках государственной сети мониторинга;
- статистические данные об объемах выбросов, собираемые и систематизируемые в рамках реализации ведомственных функций Минприроды и Росприроднадзора;
- методы математического моделирования.

Экология и природопользование
Семакина А.В.

Мониторинг концентраций ЗВ в атмосферном воздухе в РФ на государственном уровне опирается на сложившуюся в рамках метеорологических исследований относительно редкую сеть постов Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В настоящее время отмечается недостаточная степень обеспеченности территории РФ пунктами мониторинга качества атмосферного воздуха. Так, согласно Приказу Минприроды России от 30.07.2020 N 524 [26], на 2020 г. в 1115 российских городах должно функционировать не менее 1843 пунктов мониторинга качества атмосферного воздуха. Согласно отчету Росгидромета за 2021 г., их количество составляет всего 692 шт., или 37,5 % от минимальной нормативной потребности. В 2022 г. отметилась тенденция лишь к уменьшению количества постов. При этом в 8 субъектах РФ (республики Адыгея, Алтай, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Калмыкия, Марий Эл и Чеченская, Ненецкий автономный округ) полностью отсутствуют посты наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха. Таким образом, мониторинг состояния атмосферного воздуха осуществляется в 20 % городов России. Мониторинг состояния атмосферы вне населенных пунктов практически не проводится. В рамках данного исследования в связи с недостаточностью данных представляется невозможным использовать этот источник информации для пространственного анализа уровня загрязнения атмосферного воздуха. В то же время данные государственной мониторинговой сети были применены при верификации показателей загрязнения атмосферы, полученных с применением методов математического моделирования.

Статистическая обработка данных об объемах эмиссии загрязняющих веществ. Информация об объемах выбросов поллютантов, содержащаяся в статистических данных, накапливается и систематизируется по каждому предприятию в формах «2-ТП (воздух)», проектах нормативно-допустимых выбросов (НДВ) с целью администрирования платежей за негативное воздействие и оформления разрешения на выброс. Информация об объемах выбросов и уровнях загрязнения на территории РФ была получена по данным ежегодно публикуемых «Ежегодников состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России», Государственных докладов о состоянии окружающей природной среды регионов и РФ.

Методы математического моделирования как источник информации о состоянии атмосферного воздуха, позволяют с теоретической точки зрения объяснить количественные и качественные характеристики состояния атмосферного воздуха, решать диагностические и прогностические задачи, восполнять недостающую информацию о характере рассеяния примеси в атмосферном воздухе [8]. В ходе исследования атмосферных процессов формировались различные подходы в их оценке и моделировании. Основы атмосферной диффузии примеси были сформулированы Дж. Тейлором, Фридманом, Келером [46; 48; 50]. Теоретическое обоснование результатов наблюдений процессов турбулентной диффузии в пограничных слоях атмосферы содержится в работах Мониной А.С., Обухова А.М., Яглома А.М. [22; 23], Берлянда М.Е. [6], Лайхтмана Д.Л. [18], Зилитинкевича С.С. [9] и др. Одномерная дифференциальная модель диффузии примеси была разработана Левиным А.В. [19]. Статистический подход был создан Сеттоном О.Г. [29]. Численные методы исследования диффузии примеси в турбулентной среде были успешно развиты группой советских ученых под руководством Марчука Г.И. [20]. Основы геофизической теории турбулентности сформулированы в работах [6; 22; 32]. К работам по эмпирическому исследованию пограничных слоев атмосферы относятся [31; 53]. Распространение примеси в турбулентной среде рассматривалось в [2, 14, 47].

На основе анализа существующих подходов к математическому моделированию рассеяния примесей при оценке процессов рассеяния примеси для больших по площади территорий была выбрана модель В.А. Петрухина и В.А. Вишенского, базирующаяся на принципах гауссовой модели распространения примеси [49]. Преимуществом данной модели является упрощенный вид учета параметров источника (в качестве источника загрязнения можно рассматривать населенные пункты). В то же время, наряду с упрощенным учетом характеристик источников выброса, можно отметить попытку оценить химическую активность примесей (введение показателя продолжительности присутствия их в атмосфере) и учет метеопараметров переноса примеси в атмосфере (высота слоя перемешивания, скорость и направление ветра в слое перемешивания). Простота расчета позволяет оценить влияние выбросов на состояние атмосферного воздуха в заданной точке множества источников на значительном удалении.

Исходя из сформированных баз данных о выбросах на территории РФ, расчет был выполнен по 5 загрязняющим веществам: оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, летучие органические соединения (ЛОС), взвешенные вещества. Опытным путем (перебор вариантов) определено, что удовлетворительная сходимость расчетных результатов с данными мониторинга была получена при исключении участков территорий, удаленных от учтенных источников выбросов на расстояние до 5 км. Для территории РФ шаг расчетной сетки составил 50 км. Размер шага вычислялся как техническими возможностями ПК, так и необходимостью при повышении детальности учета условий эмиссии и особенностей подстилающей поверхности.

Показатели, характеризующие состояние атмосферного воздуха

Исследования состояния атмосферного воздуха почти всегда носят выборочный характер (например, осуществляется измерение концентрации конкретного вещества в определенный момент времени, в заданной точке). При формировании выводов о состоянии атмосферного воздуха проводятся пространственно-временная интерпретация полученных исходных данных, расчет показателей. Качество выводов в свою очередь зависит от репрезентативности используемых показателей.

Анализируя все многообразие используемых в мире показателей загрязнения атмосферного воздуха, можно сформулировать следующие выводы:

1. Наблюдаются различия в подходах к оценке состояния атмосферного воздуха в России и за рубежом. Основным отличием российского подхода в интегральной оценке уровня загрязнения атмосферы (комплексного индекса загрязнения атмосферы, или КИЗА) от большинства зарубежных является период осреднения данных о концентрации загрязнителей, что связано с различным функциональным предназначением индексов. В России наиболее применимы среднегодовые значения КИЗА. Европейский годовой индекс YACAQI используется аналогичным образом, что и КИЗА. В то же время, ориентируясь на значения индекса CAQI с помощью специализированных онлайн-ресурсов, жители Евросоюза могут сравнить состояние атмосферы в городах в реальном времени [3]. Некоторые из рассмотренных индексов (например, AQNI Канады, AQI США, AQC Австралии, DAQI Великобритании), наряду с прогнозом о состоянии воздуха на ближайшее время, предусматривают советы по планированию активности для населения [45]. Такой подход гарантирует хорошую осведомленность населения о текущем состоянии, но при попытке анализа данных за длительный срок результаты могут быть неверно интерпретированы, поскольку большая часть таких показателей учитывает негативный эффект для здоровья населения с точки зрения краткосрочного влияния поллютантов.

2. Несмотря на значительное многообразие, подходы к получению исходных данных и расчету интегральных показателей методологически в России и за рубежом не противоречат друг другу. При проведении определенных математических манипуляций часть значений зарубежных показателей может быть интерпретирована, исходя из российских стандартов и наоборот (исключением являются интегральные показатели КИЗА, AQI и AQNI). Необходимо указать и на различные подходы к используемым единицам измерения концентраций поллютантов в атмосфере ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), а также значения предельно-допустимых концентраций.

3. Большой информативностью и объективностью обладают прямые количественные показатели. К прямым показателям состояния атмосферного воздуха автором были отнесены количественные характеристики, дающие непосредственную оценку объемов выбросов ($\text{г}/\text{сек}$ или $\text{т}/\text{год}$) и уровней загрязнения атмосферного воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$, доли ПДК, КИЗА) [38]. Объективность такого рода показателей подкрепляется методологическими и метрологическими аспектами, учитываемыми при получении исходных данных. В качестве противопоставления прямых показателей автором были выделены косвенные показатели (качественные и количественные характеристики, дающие опосредованную оценку объемов воздействия, уровней загрязнения). Количественные показатели, в свою очередь, выражают числовую определенность факторов загрязнения (например, размеры площадного источника загрязнения), условий рассеяния (например, повторяемость штилевых погодных условий) и состояния атмосферного воздуха (например, концентрация определенного поллютанта в атмосфере или КИЗА). Количественные показатели получают путем непосредственного учета, измерений, математических расчетов. В качестве противопоставления количественным показателям автором были выделены качественные показатели, не дающие числовой оценки загрязнения атмосферного воздуха (данные показатели опираются на оценки соотношения текущего и эталонного состояния атмосферного воздуха, факторов загрязнения и условий рассеяния). В то же время использование прямых количественных показателей ограничивается дороговизной, сложностью и трудоемкостью получения исходных данных.

4. В целом, для повышения качества оценки и прогноза структуры атмосферных проблем по отдельным частям исследуемой территории необходимо применять сочетание показателей.

В дальнейшем на основании сформулированных выводов при характеристике состояния атмосферного воздуха РФ были использованы следующие показатели: объемы выбросов (в т.ч. валовые и удельные) по регионам, концентрации загрязняющих веществ в $\text{мг}/\text{м}^3$, комплексный индекс загрязнения атмосферы.

Подходы к картографическому изображению

Анализируя подходы к мезо- и мелкомасштабному картографированию атмосферных проблем на территории РФ, можно сформулировать следующие выводы:

1. Наиболее распространенным методом передачи пространственной информации о состоянии атмосферы (степень загрязнения атмосферы, способность атмосферы к самоочищению) является способ изолиний [4; 11; 21; 30; 35; 41]. При этом использование этого метода требует наличия значительного объема пространственной информации или использования методов математического моделирования. В обоих случаях это заметно затрудняет использование метода изолиний для характеристики состояния атмосферы. Следует также отметить, что этот метод сам по себе приводит к формированию обедненного изображения, что связано с высокой динамикой воздушной среды и, как следствие, в большинстве случаев постепенной и относительно небольшой дифференциацией характеристик состояния атмосферы, что, в свою очередь, приводит к образованию больших однородных полей на карте, которые необходимо насыщать дополнительной информацией.

2. Способ изолиний хорошо сочетается со способом значков (или структурных значков), характеризующих состояние атмосферы или объемы эмиссии ЗВ в конкретной точке. Примером могут служить карты [12; 41].

3. Карты с применением способов картограмм и картодиаграмм [5; 10; 34] широко используются, просты в создании и легки для восприятия. В то же время выбросы, как правило, локализованы в конкретных точках, и их привязка к прилегающей территории субъекта административно-территориального деления искажает восприятие и возможные результаты оценки масштабов негативного воздействия на атмосферу.

4. Анаморфозы представляют собой особый род карт, на которых в основу площади территориальной единицы заложена не реальная топографическая площадь, а величина некоторого показателя. При этом обязательным условием является максимальное сохранение очертаний субъектов. При характеристике объемов выбросов построение такой карты повышает наглядность, но в содержательном отношении она аналогична способам картограмм и картодиаграмм, а отсутствие топографической сомасштабности в передаче размеров отдельных регионов неизбежно приводит к искажению их границ и, как следствие, к затрудненному восприятию изображения.

5. Следствием применения однотипной цветовой шкалы может стать снижение восприятия карты. Примером может служить карта [5].

6. Ранговая оценка на картах [34] предоставляет возможность сопоставить масштабы негативного воздействия на атмосферный воздух (или условия рассеяния) внутри анализируемой территории, но не позволяет точно трактовать напряженность экологической ситуации и сопоставить ее с другими регионами.

7. Для повышения содержательности карты практикуется составление двухплановых карт, когда на первом плане помещается часть информации, воспринимаемая как общий фон и читаемая с расстояния, а вторая часть информации «утапливается» в первой – дается более мелкими знаками и читается с ближнего расстояния. Другим способом повышения информативности карты является использование карт-врезок. Примером могут служить карты [15, 35]. Такой подход позволяет избежать перегрузки основного содержания карты, одновременно повышая ее информативность.

С развитием и популяризацией компьютерных технологий в конце XX в. произошли существенные изменения в способах создания и публикации карт. Повсеместно для создания карт (в т.ч. карт загрязнения атмосферного воздуха) стали использоваться ГИС, а позднее (с начала XXI в.) и web-технологии. Размещение в сети Интернет картографического материала в виде электронных карт (структурированных информационных изображений, отображающих картографическую ситуацию в заданном масштабе в растровой форме), динамических карт (электронных карт, воспроизводящих при демонстрации эффект движения, перемещения, изменения всего изображения или отдельных объектов) и онлайн-карт (веб-приложений, инструментов для интерактивного отображения картографической информации в стандартном веб-браузере) [33] открывает доступ к информации о состоянии атмосферного воздуха широкому кругу пользователей. При этом пользователи получают возможность работать с картографической информацией, применяя удобные инструменты поиска, просмотра и анализа, не имея на компьютере ничего, кроме веб-браузера и доступа к сети Интернет.

Анализируя существующие картографические сервисы, отражающие состояние атмосферного воздуха, можно сформулировать следующие выводы:

1. Наиболее распространенным способом картографического изображения, используемым при картографировании состояния атмосферного воздуха в рассмотренных картографических онлайн-сервисах, является способ значков [13]. В то же время предоставление информации о концентрациях ЗВ без пространственной интерпретации (только в пунктах, где были произведены измерения) приводит к тому, что данный аспект обработки информации осуществляется конечным пользователем, часто не обладающим необходимыми знаниями о динамике атмосферных процессов.

2. Пространственная интерпретация данных о загрязнении окружающей среды, размещенных на некоторых сервисах, производится посредством математической (нахождение неизвестных промежуточных значений с помощью нескольких известных), а не географической (учитывающей особенности местности, факторы поступления ЗВ и их рассеяния) интерполяции по ограниченному (часто недостаточному) количеству постов [40; 44]. Использование недостаточного количества постов, а также отсутствие учета атмосферных процессов приводит к формированию схематической картины загрязнения, неполно отражающей реальную ситуацию.

3. Специфика исходной информации во многих случаях предопределяет используемые способы картографического изображения. Так, полученные при помощи методов дистанционного зондирования Земли данные являются первично интегрированными в пространственном отношении и на картах предоставляются способом изолиний [42].

4. Применение качественной интерпретации и публикация рекомендаций по отдельным видам деятельности с учетом текущего уровня загрязнения [37; 52], с одной стороны, безусловно облегчают восприятие информации для конечного пользователя, с другой стороны, отсутствие доступа к критериям оценки снижает значимость данных рекомендаций при принятии административно-управленческих решений. Так, многообразие подходов к качественной интерпретации показателя качества воздуха AQI [3], используемых на разных ресурсах, а иногда даже в пределах одной карты [13], затрудняет пространственный анализ значимости атмосферных проблем.

5. Использование в качественной оценке состояния атмосферного воздуха показателя AQI без количественной характеристики концентраций отдельных компонентов может ввести в заблуждение относительно вклада факторов загрязнения (природных и антропогенных). Так, высокие значения AQI (и, соответственно, очень низкое качество воздуха) в пределах Сахары, Тибета, Монголии связаны с высокими концентрациями взвешенных частиц, поступающих в атмосферу в результате дефляции (природный источник эмиссии), а высокие значения AQI вблизи автодорог Лондона связаны с высокими значениями взвешенных веществ и оксидов азота, поступающих в атмосферный воздух главным образом от техногенных источников [52]. Химический состав и

Экология и природопользование
Семакина А.В.

степень опасности ЗВ, входящих в группу «взвешенные вещества», различается в зависимости от этиологии. В общем случае взвешенные вещества, поступающие в атмосферный воздух в процессе дефляции горных пород, будут менее опасны для здоровья, чем ЗВ, поступающие в атмосферный воздух с выхлопами автотранспорта и выбросами от предприятий.

6. Отсутствие доступа к механизмам получения исходной информации делает невозможным корректную оценку достоверности данных и снижает их значимость. Так, на сайте компании AccuWeather размещена информация, что данные относительно качества воздуха и прогнозов получены со стороннего сервера (Plume Labs) и не проходили проверку на точность и достоверность, и качество мониторинга воздуха в значительной степени зависит от ограничений оборудования и датчиков, а также кратковременных колебаний, которые могут приводить к неточности показаний [37].

7. Отсутствие научного рецензирования, с одной стороны, и возможность создания примитивного картографического онлайн-сервиса с применением шаблонов-сайтов (например, Bootstrap [43]) практически любым пользователем, с другой стороны, приводят к появлению ресурсов, содержащих некорректную информацию. Дефицит доступной достоверной информации, предоставляемой официальными источниками, наряду с отсутствием критериев качества размещаемой информации, создает прецеденты профанации в области экологического картографирования [39]. Размещение недостоверной или некорректной информации на онлайн-ресурсах, доступных для широкой аудитории, в свою очередь, формирует возможности влиять на общественное мнение в качестве инструмента политического и социального манипулирования.

8. Большинство сервисов не обладает или в ограниченной степени обладает ресурсом обратной связи. В свою очередь, отлаженная система обратной связи с пользователями позволила бы более эффективно совершенствовать картографический сервис согласно запросам пользователей, поскольку именно конечные пользователи являются самой многочисленной по составу цензурой на содержательность, своевременность, достоверность, актуальность и востребованность предоставляемой информации.

На основе сформулированных выводов для характеристики состояния атмосферного воздуха на территории РФ были выбраны следующие способы картографического изображения: способ изолиний с послойной окраской, способы картограмм и картодиаграмм.

С учетом изложенных принципов были созданы карты объемов выбросов основных поллютантов по регионам РФ, концентраций ЗВ и комплексного индекса загрязнения атмосферы. Апробация полученных картографических материалов осуществлялась путем создания под руководством автора геопортала «Комфортная среда» (komfortsreda.udsu.ru) [17] и их дальнейшего размещения в разделе «Россия». В качестве геоинформационного инструмента, реализующего задачу web-визуализации электронных карт, был использован модуль «qgis2web» программного продукта QGIS.

Результаты и обсуждение

Анализируя полученную карту суммарных выбросов от стационарных и передвижных источников по субъектам административно-территориального деления РФ (рис. 1) [17], можно выделить 4 региона, на которые приходится 29,7 % суммарных выбросов страны, а суммарный объем выбросов от источников антропогенного происхождения превышает 1 млн т в год (Красноярский край, Кемеровская область, Ханты-Мансийский АО, Свердловская область). Необходимо отметить, что эти регионы характеризуются развитым промышленным потенциалом, и основная доля выбросов (87–96 %) приходится на стационарные источники.

В среднем пространственная картина загрязнения атмосферы выбросами от стационарных источников и от всех источников суммарно в значительной степени совпадает (карта валовых выбросов от стационарных источников, [17]). Используя показатель удельных загрязнений (объемов выбросов на единицу площади), можно дать оценку масштабов антропогенной нагрузки на окружающую среду, поскольку часто значительные объемы выбросов регионов располагаются на больших по площади территориях (например, на 4 субъекта-лидера суммарных выбросов приходится почти 1/5 часть площади страны). В среднем по России значение удельных выбросов составляет 4,5 т/км² в год, а для большей части регионов (62 шт.) не превышает 2 т/км² в год. Анализируя карту удельных выбросов от стационарных источников (рис. 2) [17], можно отметить следующий регион-лидер удельных выбросов – Кемеровская область (18,4 т/км² в год).

В связи с особенностями административного статуса (город федерального значения), статистические данные об объемах выбросов также предоставляются по городам Москва, Санкт-Петербург, Севастополь. Плотность выбросов в городах федерального значения в связи с малой занимаемой площадью и концентрацией производственных мощностей составляет от 51 до 131 т/км² в год. Необходимо отметить, что, несмотря на безусловно значительные валовые объемы выбросов, характерные для указанных городов, высокие значения удельных выбросов связаны в большей степени с особенностями осреднения первичной статистической информации и в целом с типичной концентрацией производств (и источников выбросов) в пределах городских территорий. Так, при учете выбросов г. Санкт-Петербурга в составе выбросов Ленинградской области, удельные выбросы приближаются к среднероссийским значениям и составляют 5,2 т/км² в год. А при выделении выбросов от источников, расположенных на территории г. Ижевска (находящегося в пределах Удмуртской республики с плотностью выбросов 4 т/км² в год), значения удельных выбросов составят 111 т/км² в год.

Экология и природопользование
Семакина А.В.

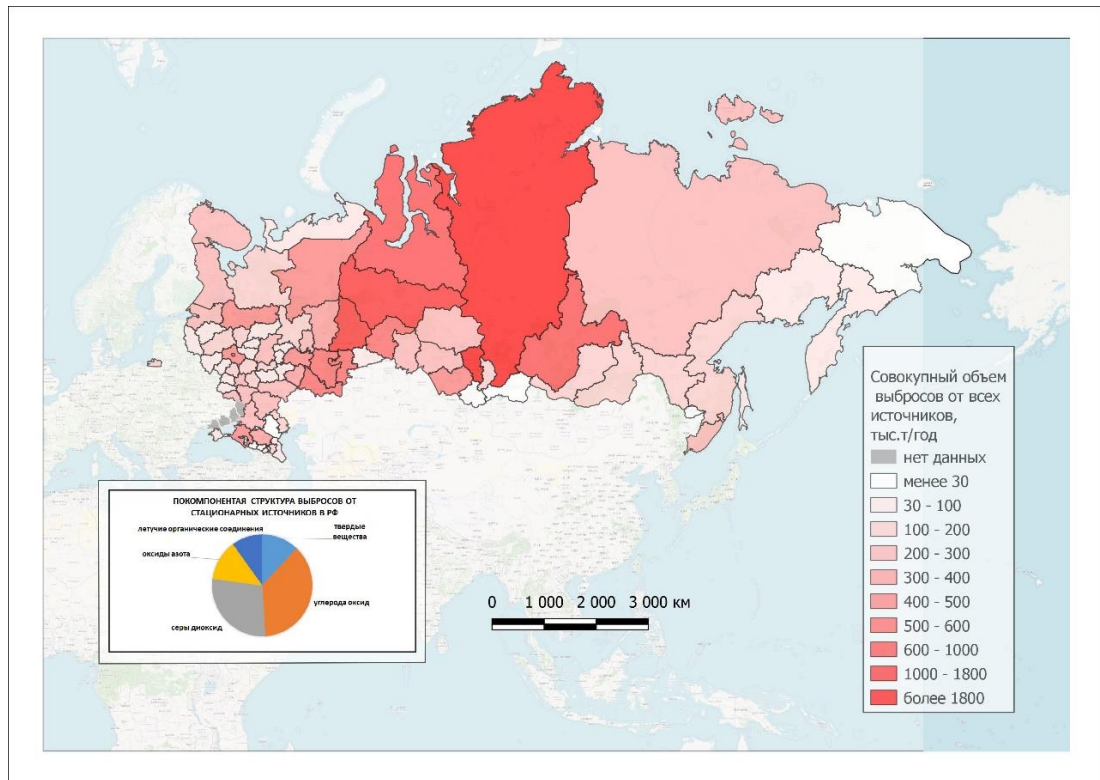


Рис. 1. Карта суммарных выбросов от стационарных и передвижных источников по субъектам административно территориального деления РФ в 2022 г.

Fig. 1. Map of total emissions from stationary and mobile sources by administrative-territorial entities of the Russian Federation in 2022

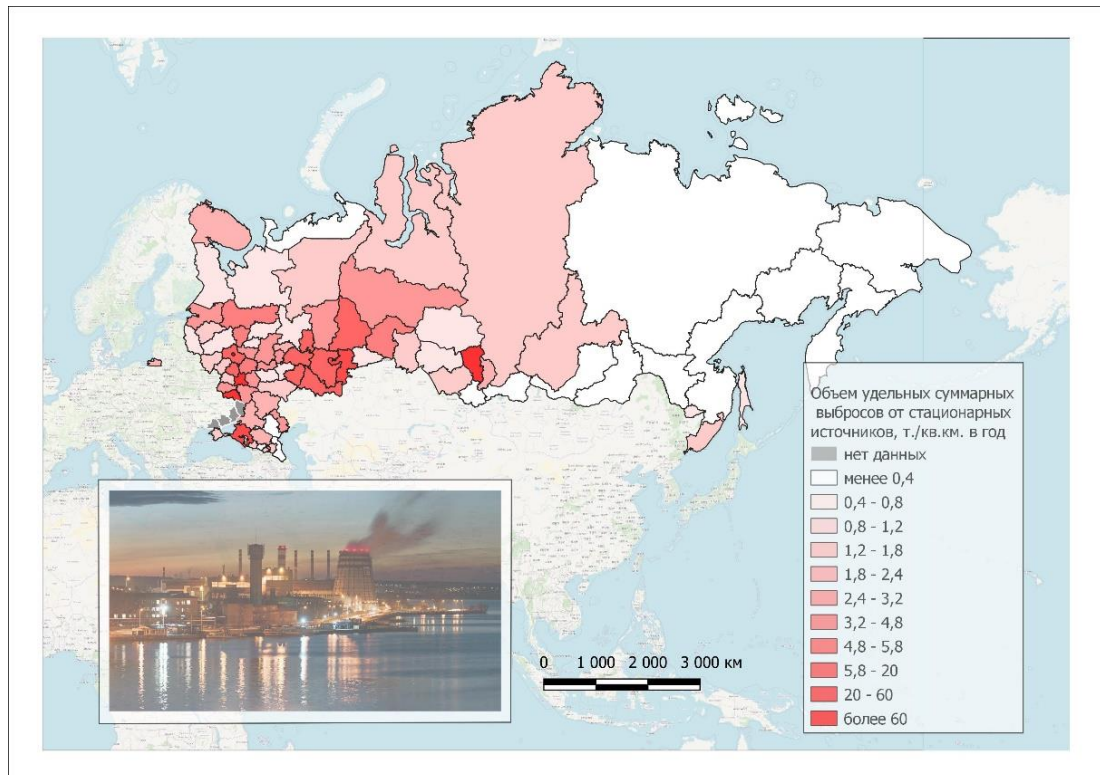


Рис. 2. Карта удельных суммарных выбросов от стационарных и передвижных источников по субъектам административно территориального деления РФ в 2022 г.

Fig. 2. Map of specific total emissions from stationary and mobile sources by administrative-territorial entities of the Russian Federation in 2022

В среднем в РФ на стационарные источники приходится 75,8 % выбросов, с ростом их доли до 98 % в промышленно развитых регионах. По валовым объемам выбросов от стационарных источников регионы РФ можно разделить на следующие категории:

1. Регионы, характеризующиеся значительной площадью и высоким промышленным потенциалом. Валовый объем выбросов в таких регионах составляет значение более 100 тыс. т (34 % всех выбросов РФ). Примером таких субъектов являются Иркутская, Оренбургская, Тюменская, Свердловская, Челябинская, Мурманская области, Красноярский край, Ямало-Ненецкий и Ханты Мансийский АО и т.д.

2. Регионы, характеризующиеся небольшими размерами, но высокой концентрацией промышленного потенциала. Удельные выбросы на единицу площади в таких регионах составляют значения более 50 т/км² в год. К таким регионам относятся Москва, Санкт-Петербург, Севастополь, Кемеровская область. На данные 4 субъекта приходится более 11 % суммарных выбросов страны. При этом суммарная площадь данных регионов составляет 0,6 % площади страны.

3. Регионы с малоразвитой промышленностью. Экономика региона представлена в основном сельским хозяйством, перерабатывающим сектором и сферой услуг. Объемы валовых выбросов не превышают 100 тыс. т. Объемы удельных выбросов составляют 1–5 т/км² в год.

По доле в структуре выбросов «основных» (типичных) ЗВ можно выделить:

1. Регионы, где «основные» ЗВ (оксид углерода, твердые частицы, оксиды азота, летучие углеводороды, диоксид серы) составляют более 60 % валовых выбросов. Выделение «основной» группы ЗВ связано с доминированием данной категории ЗВ в общей структуре выбросов (76 % всех выбросов РФ представлены данными поллютантами). К указанному типу относятся 58 субъектов РФ, на которые приходится 77 % валовых выбросов РФ. Примерами таких регионов являются республика Ингушетия, Костромская, Ярославская область, Самарская, Новосибирская области, Красноярский край, Москва, Санкт-Петербург и т.д.

2. На долю «основных» ЗВ приходится менее 60 %. В данной категории можно выделить две категории субъектов:

- Обладают невысоким промышленным потенциалом. Характерен незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха крупнейших отраслей-загрязнителей, таких как металлургия, теплоэнергетика, нефтепереработка. К таким регионам относятся Курганская, Тверская, Смоленская, Тамбовская, Курская, Пензенская, Псковская области, республики Марий Эл, Чувашская, Кабардино-Балкарская, Северная Осетия, Мордовия, Дагестан, Калмыкия.

- Обладают высоким промышленным потенциалом. Относительно невысокий вклад в суммарные выбросы «основных» ЗВ связан с присутствием в структуре выбросов разнообразных специфических ЗВ, характерных для предприятий химической промышленности, цветной металлургии, добывающей промышленности. К таким регионам относятся Кемеровская, Московская, Воронежская, Нижегородская области, республика Коми, Пермский, Краснодарский края, Севастополь.

Анализируя карту выбросов от автотранспорта по субъектам РФ (рис. 3) [17], можно отметить в целом незначительный вклад передвижных источников в валовые выбросы ЗВ по всем регионам РФ (в среднем по РФ доля выбросов от автотранспорта составляет 24,2 % от суммарных выбросов всех источников).

Выделяются следующие регионы-лидеры по выбросам от передвижных источников (с выбросами от автотранспорта более 100 тыс. т в год): Московская, Свердловская, Челябинская, Воронежская, Ростовская, Нижегородская, Саратовская, Калининградская области, Алтайский, Красноярский, Пермский, Ставропольский края, республики Татарстан и Карелия, Москва, Санкт-Петербург. Пространственный анализ данных об объемах выбросов показал рост доли передвижных источников в суммарных выбросах в регионах с низким промышленным потенциалом либо характеризующихся высокой степенью концентрации производства. Так, на долю выбросов от передвижных источников в таких субъектах, как республики Ингушетия, Чечня, Адыгея, Северная Осетия, Дагестан, Ивановская, Архангельская области, Алтайский край, Москва, Санкт-Петербург, Севастополь, приходится более 65 %.

Анализируя полученный материал, можно отметить, что в среднем для РФ характерна следующая структура выбросов «основных» ЗВ: 37 % – оксид углерода, 28 % – диоксид серы, 13 % – оксиды азота, 12 % – твердые вещества, 10 % – летучие органические соединения. В то же время в пространственном разрезе структура выбросов характеризуется значительной вариабельностью. Можно выделить следующие типы структур выбросов «основных» ЗВ (карта типов выбросов по субъектам РФ [17]) (рис. 4):

1. Топливо-энергетический тип – в структуре выбросов преобладают выбросы от ТЭС, ТЭЦ, котельных, представленные оксидами углерода (более 30 %), оксидами азота, взвешенными веществами (более 10 %). В случае предпочтения использования в качестве топлива угля, отмечается увеличение вклада в суммарный выброс твердых частиц (до 72 %). Примером таких регионов могут служить Карелия, Белгородская область, Чеченская республика, а также значительная часть субъектов Дальневосточного и Сибирского Федеральных округов (Камчатский край, Чукотский АО, Бурятия Хабаровский, Алтайский края) и т.д.

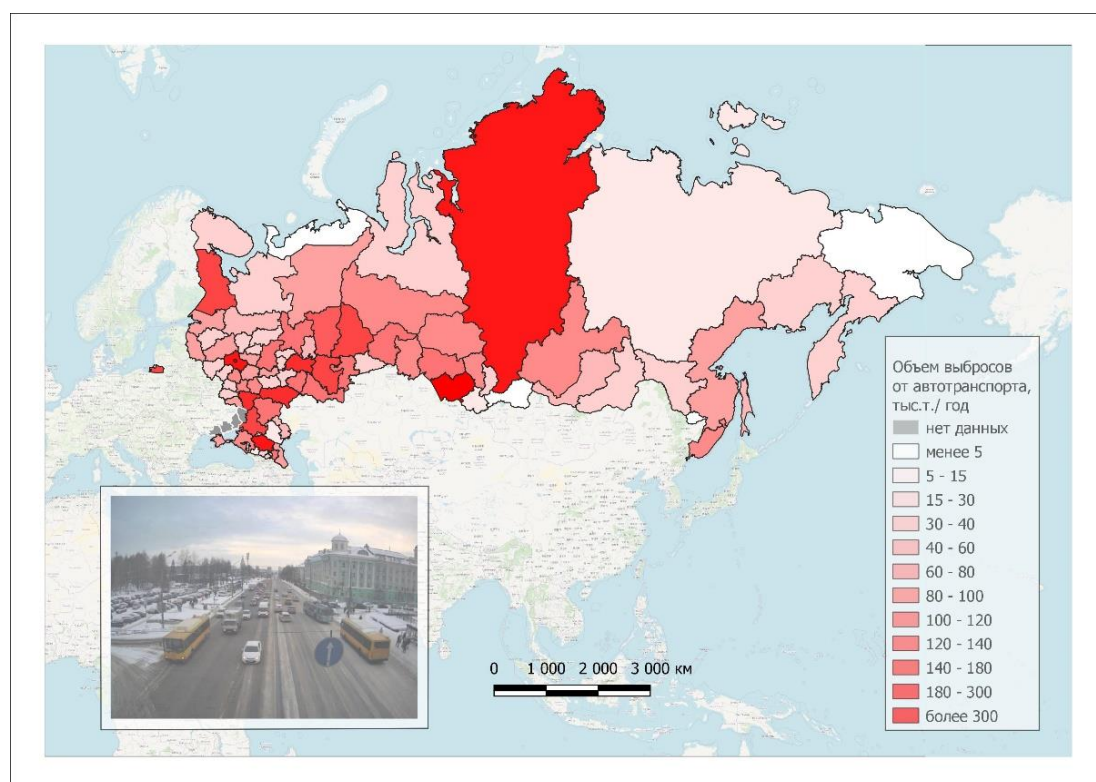


Рис. 3. Карта выбросов от передвижных источников по субъектам административно территориального деления РФ в 2022 г.
Fig. 3. Map of emissions from mobile sources by administrative-territorial entities of the Russian Federation in 2022

2. Металлургический тип характеризуется значительным вкладом в общую структуру выбросов эмиссии от предприятий черной и цветной металлургии. В структуре выбросов отмечается значительный вклад оксидов серы (до 50–80 %), взвешенных веществ, оксидов азота. К данному типу были отнесены следующие субъекты РФ: Красноярский край, Мурманская, Липецкая, Челябинская, Оренбургская области.

3. Нефтегазодобывающий тип – основным видом деятельности, оказывающим негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха в регионах этого типа, является добыча углеводородного сырья (нефти, газа), его первичная подготовка и транспортировка. В структуре выбросов преобладают оксиды углерода (30–50 %), углеводороды (в т.ч. летучие органические соединения) (более 10 %). Примером данного типа структуры выбросов являются следующие субъекты: Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский, Ненецкий АО, Томская область, республика Башкирия, Ставропольский край и т.д.

4. Газотранспортный тип – основной вклад в выбросы приходится на обслуживание газо-трубопроводов и газокomppressorных станций. В структуре выбросов присутствует значительный вклад углеводородов (10–30 %). К субъектам с данным типом выбросов относятся Самарская, Ульяновская, Орловская, Ярославская области, республики Марий Эл, Чувашия.

Для ряда регионов характерен смешанный тип, объединяющий нефтегазодобывающий и газотранспортный типы. К таким регионам относятся Пермский, Краснодарский края, Саратовская область, республики Удмуртия, Татарстан, Калмыкия.

5. Полиотраслевой тип с высоким потенциалом промышленного производства. Данный тип выбросов присущ субъектам с высокой концентрацией производства, представленным различными отраслями. В структуре выбросов преобладают оксиды углерода (30–60 %), оксиды азота, (15–30 %), углеводороды (5–10 %). Примером субъектов с данным типом выбросов являются: Московская, Воронежская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Свердловская области, Москва, Санкт-Петербург, Севастополь.

6. Полиотраслевой тип с низким промышленным потенциалом характеризуется в целом невысокими объемами выбросов и относительно равномерной компонентной структурой выбросов. Примером такого рода субъектов являются: Пензенская, Костромская, Ивановская, Владимирская области, республики Кабардино-Балкария, Северная Осетия, Крым, Адыгея и т.д.

Экология и природопользование
Семакина А.В.

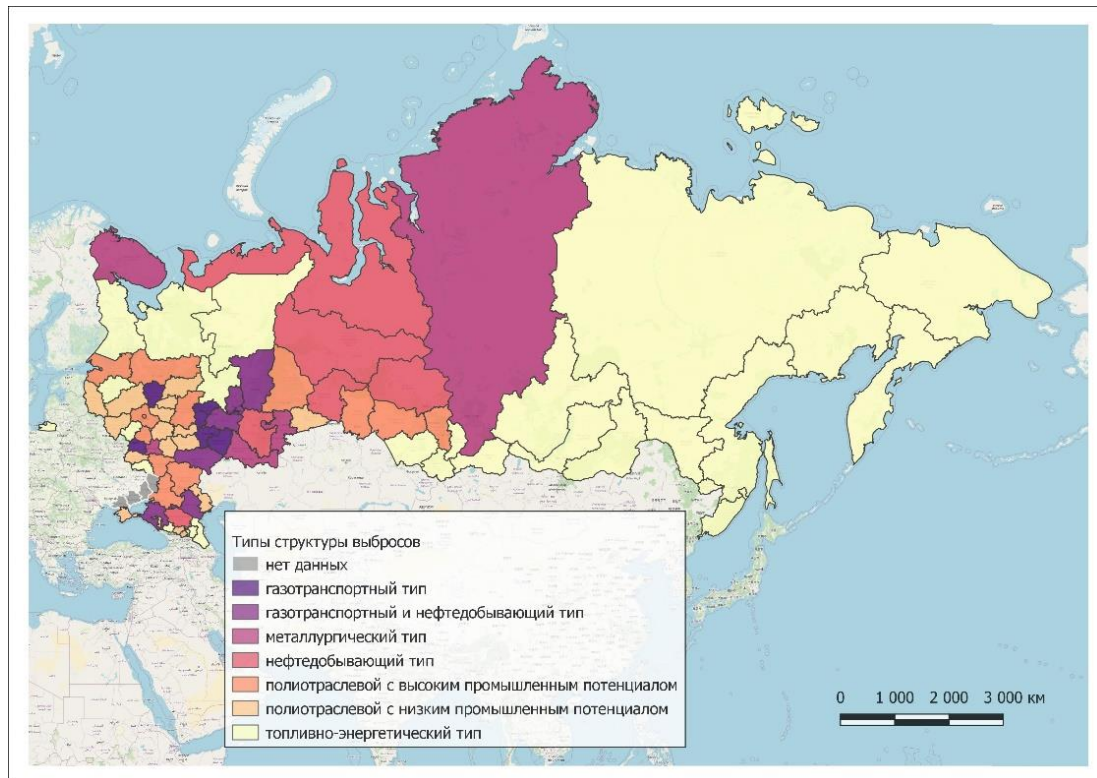


Рис. 4. Карта типов структуры выбросов по субъектам административно территориального деления РФ в 2022 г.
Fig. 4. Map of the types of emissions structure by administrative-territorial entities of the Russian Federation in 2022

В результате расчета рассеяния выбросов от стационарных источников на территории РФ были получены карты концентраций следующих загрязнителей: оксиды азота, взвешенные вещества, диоксида серы, оксида углерода, летучих органических соединений, значения КИЗА (рис. 5) [17].

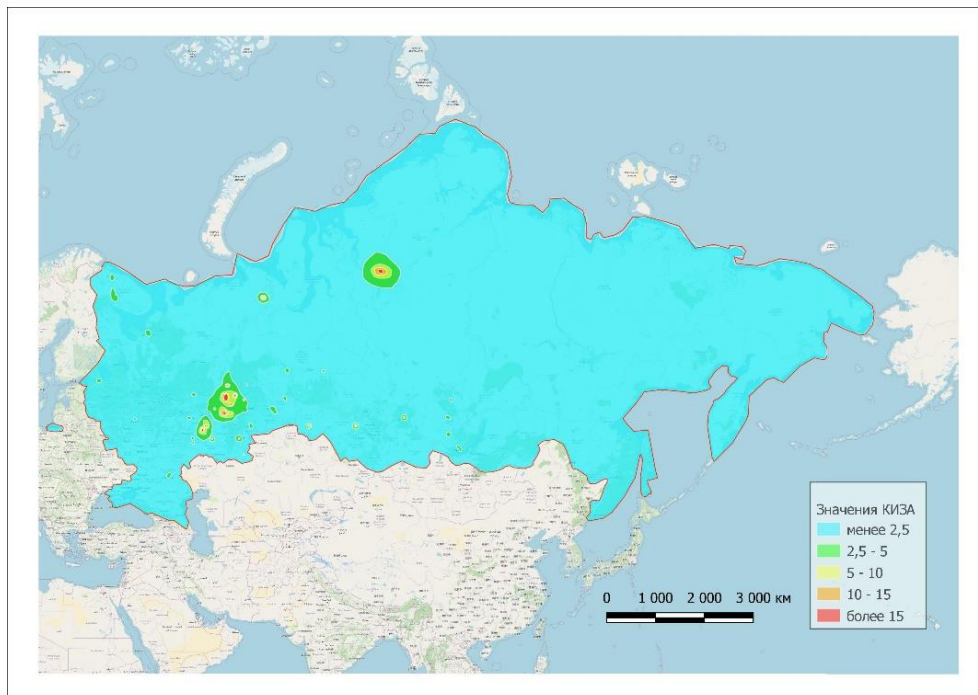


Рис. 5. Карта расчетных значений комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА), формируемых выбросами стационарных источников на территории РФ в 2022 г.
Fig. 5. Map of calculated values of the complex index of atmospheric pollution (КИЗА) generated by emissions from stationary sources in the territory of the Russian Federation in 2022

В целом, анализируя полученный картографический материал, можно отметить, что большая часть территории РФ характеризуется благоприятным состоянием атмосферного воздуха (КИЗА менее 1). Наряду с этим можно выделить 4 крупных ареала загрязнения атмосферного воздуха: Норильский, Центрально-Уральский, Поволжский, Печоро-Воркутинский. Основной вклад в формирование высоких значений КИЗА Норильского ареала загрязнения приходится на высокие концентрации диоксида серы, связанного с функционированием крупного металлургического производства (ПАО «ГМК «Норильский никель»). Основной вклад в формирование Печоро-Воркутинского ареала загрязнения атмосферы приносят взвешенные вещества, поступающие в атмосферный воздух в результате функционирования предприятий топливно-энергетической и добывающей отраслей. Большие значения КИЗА в Центрально-Уральском ареале загрязнения связаны с высокими концентрациями в пределах указанной территории оксидов азота, диоксида серы и оксида углерода. Поволжский ареал загрязнения сформирован высокими концентрациями в атмосферном воздухе летучих органических соединений, взвешенных веществ.

Наряду с крупными ареалами загрязнения можно отметить локальное снижение качества атмосферного воздуха вблизи крупных городов, таких как Новосибирск, Красноярск, Иркутск, Братск, Омск, Магнитогорск, Волгоград, Москва, Санкт-Петербург, Архангельск, Апатиты и т.д. В целом указанные ареалы характеризуются относительно небольшими площадями (до 10000 км²), повышенным и высоким уровнями загрязнения атмосферы (КИЗА = 2,5–7,5). Необходимо отметить, что определение уровней загрязнения расчетным путем проводилось на основе данных об объемах выбросов по 5 основным группам ЗВ. В то же время в ряде населенных пунктов высокие уровни загрязнения могут формироваться вследствие накопления в воздухе специфических ЗВ (фенол, формальдегид, бенз(а)пирен, сероводород, аммиак и др.).

Для верификации расчетных значений КИЗА были использованы данные об уровне загрязнения атмосферы в населенных пунктах, полученные в рамках государственного мониторинга и публикуемые в Ежегодниках загрязнения атмосферы и Государственных докладах о состоянии атмосферного воздуха. Необходимо отметить специфическую особенность использованной выборки данных: поскольку в ежегодниках публикуются данные о состоянии атмосферы в городах с наиболее напряженной в этом отношении ситуацией («30 самых грязных городов России»), а государственная сеть мониторинга традиционно располагается в крупнейших городах и вблизи крупных предприятий-загрязнителей, постольку сформированный реестр данных будет характеризовать уровень загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах с наивысшими значениями уровня загрязнения и не будет отражать фоновое состояние атмосферы на окружающей территории. В связи с этим сходимость результатов натурных и расчетных значений КИЗА можно было определить только по зафиксированным предельным (максимальным) значениям уровня загрязнения атмосферы.

Для статистического подтверждения достоверности полученных результатов был использован критерий χ^2 и определен ранговый коэффициент корреляции. При степени свободы 52 χ^2 , полученный расчетным путем, превышает χ^2 критический, что свидетельствовало о достоверности полученных результатов. В свою очередь, коэффициент ранговой корреляции Спирмена R_s получился равным 0,501, что свидетельствовало о средней тесноте связи. Данное значение превышало критическое значение коэффициента ранговой корреляции при степени надежности 0,999. Таким образом, данная связь характеризовалась как высокая значимая корреляция.

Графическое сопоставление полученных путем моделирования результатов показало, что значения КИЗА в значительной части случаев совпадают с данными мониторинга: 50 % (26 из 52) населенных пунктов получили одинаковую качественную оценку уровня загрязнения атмосферного воздуха (согласно качественной интерпретации значений КИЗА) и характеризовались расхождением количественных значений КИЗА в пределах 1. К таким населенным пунктам относятся, например, Москва, Уфа, Стерлитамак, Салават, Альметьевск, Нижнекамск, Тольятти, Безенчук, Соликамск, Оренбург, Кувандык, Губаха, Березники, Нижний Тагил, Норильск и т.д. Необходимо отметить, что все указанные города располагаются в пределах описанных ранее ареалов загрязнения.

Для 48 % (25 из 52) населенных пунктов расчетные значения КИЗА были ниже на 5. Расхождения в значениях связаны как с присутствием в атмосферном воздухе (и учетными в рамках государственного мониторинга) ряда специфических поллютантов (например, аммиак, серная кислота, этилбензол, сероводород в Медногорске; хлорид водорода, марганец, ксилол, сероводород в Самаре; бенз(а)пирен, формальдегид в Братске и т.д.), так и с относительно часто формируемыми в пределах конкретной территории НМУ, не учитываемыми в рамках математической модели. К таким населенным пунктам относятся, например, Благовещенск, Чебоксары, Альметьевск, Казань, Набережные Челны, Орск, Новотроицк, Медногорск, Самара, Братск, Зима, Магнитогорск, Нижневартовск, Челябинск и т.д.

Для г. Перми расчетные значения КИЗА были получены выше, чем по данным натурных измерений, на 7,4. Высокие расчетные значения показателя КИЗА вблизи г. Перми связаны, главным образом, с особенностями аппроксимации процессов переноса примеси в используемой модели, не учитывающей влияние на интенсивность трансграничного переноса условий поступления в атмосферу ЗВ (высокий или низкий источник, нагретый или холодный выброс и т.д.).

Экология и природопользование
Семакина А.В.

Несмотря на имеющиеся несовпадения значений КИЗА, полученных расчетным путем и по данным государственного мониторинга, данную математическую модель можно рекомендовать использовать для оценки фоновый уровня загрязнения территорий, не охваченных наблюдениями в рамках государственного мониторинга состояния атмосферы. В свою очередь, для повышения качества оценки достоверности расчетных результатов необходимы проведение натурных исследований и публикация полученных результатов на территориях вне населенных пунктов.

Заключение

Целью данного исследования являлось картографирование состояния атмосферного воздуха на территории РФ. Автором с применением методов математического моделирования и web-картографирования были получены карты объемов эмиссии поллютантов, типов выбросов, концентраций «основных» загрязняющих веществ и КИЗА на территории РФ. В качестве апробации полученные картографические результаты были представлены в web-формате на геопортале «Комфортная среда» в разделе «Россия».

В ходе анализа полученного картографического материала были выделены следующие регионы-лидеры валовых выбросов ЗВ: Красноярский край, Кемеровская, Свердловская области, Ханты-Мансийский АО. Покомпонентный анализ структуры выбросов по регионам РФ позволил определить следующие типы структур выбросов: топливно-энергетический, металлургический, нефтедобывающий, газотранспортный, полиотраслевой (в т.ч. с высоким и низким промышленным потенциалом). Технологический подход, используемый в данной классификации, позволяет обозначить приоритетные источники-загрязнители (предприятия, отрасли), ответственные за формирование того или иного уровня загрязнения в пределах субъекта РФ, что может стать основой для эффективного прогнозирования уровней загрязнения атмосферы, оперативного принятия административно-управленческих решений для стабилизации экологической ситуации.

Полученные расчетным путем карты уровня загрязнения атмосферного воздуха представляют интерес как с методологической точки зрения (возможный новый подход к пространственной характеристике уровня загрязнения атмосферы для РФ, дополняющий данные государственной сети мониторинга), так и с административно-управленческой точки зрения (на данный момент полученный картографический материал является единственным, отражающим фоновые уровни загрязнения атмосферы РФ выбросами стационарных источников). Анализируя полученный картографический материал, можно выделить 4 крупных ареала загрязнения атмосферного воздуха: Норильский, Центрально-Уральский, Поволжский, Печоро-Воркутинский. Наряду с крупными ареалами загрязнения можно отметить локальное снижение качества атмосферного воздуха вблизи крупных городов.

Размещение на геопортале «Комфортная среда» картографического материала может представлять интерес для населения как с профессиональной точки зрения (экологи, застройщики и др.), так и с позиции личной заинтересованности в выборе наиболее благополучных в экологическом отношении территорий проживания. Функционирующий в режиме двухсторонней связи геопортал «Комфортная среда» способствует формированию цифровой зрелости экоинформационного пространства РФ.

Библиографический список

1. Аббасова Е.В., Ерохина Е.В. Право на достоверную информацию о состоянии окружающей среды // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2019. Т. 1, № 4 (23). С. 3–8.
2. Бусингер Дж. А., Теннекес Х., Вингаард Дж. К. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / под ред. Ф. Т. М. Ньистадта, Х. Ван Допа, пер. с англ. под ред. А.М. Яглома. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 351 с.
3. Ахтиманкина А.В., Ерошкин В.М. Анализ подходов к определению уровней загрязнения атмосферного воздуха населенных мест // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2023. Т. 44. С. 18–32.
4. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 184 с.
5. Безуглая Э.Ю., Абросимова Ю.Е. Веб-Атлас: «Окружающая среда и здоровье населения России». 1998. URL: <http://biology.krc.karelia.ru/misc/at/ra00.htm> (дата обращения 14.09.2023)
6. Берлянт М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.
7. Бызова Н.Л., Иванов В.Н., Гаргер Е.К. Турбулентность в пограничном слое атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 262 с.
8. Введение в геоэкологию атмосферы: учебное пособие / Ю.П. Переведенцев, Р.Х. Салахова. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2007. 112с.
9. Зилитинкевич С.С. Динамика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 290 с.
10. Карта «Выброс вредных веществ в атмосферу на территории Московской области». URL: <http://www.exclusiverealestate.ru/info/ecology/index.php> (дата обращения 14.09.2023)
11. Карта «Интегральной оценки потенциала загрязнения атмосферы республики Татарстан». URL: http://arshin-rt.ru/index.php?str_id=192 (дата обращения 14.09.2023)
12. Карта «Экологической ситуации республики Татарстан» / под ред. А.И. Шеповских. 1994.
13. Качество воздуха в Google-картах. URL: <https://support.google.com/maps/answer/11270845> (дата обращения 11.09.2023)
14. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 463 с.
15. Комплексный атлас Украины / гл. ред. Л.М. Веклич. Киев: «Картография», 2005. 96 с.
16. Борьба за здоровье, экологический шантаж или нечестная конкуренция. Комсомольская правда (дата публикации 20.11.2018 2:00). URL: <https://www.kp.ru/daily/26909/3955325> (дата обращения 21.08.2023)

Экология и природопользование

Семакина А.В.

17. Комфортная среда. URL: <https://komfortsreda.udsu.ru/> (дата обращения 19.02.2024)
18. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 290 с.
19. Левин А.В. К вопросу об уравнениях, описывающих турбулентную диффузию в атмосфере. // Тр. Укр.НИГМИ. 1971. Вып. 103. С. 102–107.
20. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 319 с.
21. Медико-экологический атлас города Воронежа. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0011.htm> (дата обращения 15.09.2023)
22. Монин А.С. Обухов А.М. Основные закономерности турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы // Тр. Геофиз. Инт-га АН СССР. 1954. № 24 (151). С. 163–187.
23. Монин А.С., Яглом А.М. Статическая гидромеханика. Ч. 1. М.: Наука, 1965. С. 639.
24. Научно-практический портал «Экология производства». «Экологи края обеспокоены загрязнением воздуха в Красноярске» (дата публикации 25.10.2005). URL: <https://www.ecoindustry.ru/news/view/4741.html> (дата обращения 21.08.2023)
25. Осокин Р.В. Политическое манипулирование в сфере экологической безопасности в современной России: специальность 23.00.02: диссертация на соискание ученой степени кандидата политических наук. Приволжская академия государственной службы им. П.А. Столыпина. Саратов, 2008. 163 с.
26. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июля 2020 года № 524 «Об утверждении требований к проведению наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением». URL: <https://docs.cntd.ru/document/565649091> (дата обращения 25.08.2023)
27. Роскачество. Greenwashing: как распознать псевдоэкологичные товары (дата публикации 24.10.2019). URL: <https://rskrf.ru/tips/rassledovaniya/greenwashing-kak-raspoznat-psevdoekologichnye-tovary/> (дата обращения 21.08.2023)
28. Русское географическое общество. Гринвошинг, или неужели вы платите за экологичность (дата публикации 22.02.2023). URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/grinvoshing-ili-neuzheli-vy-platite-za-ekologichnost> (дата обращения 21.08.2023)
29. Сеттон О.Г. Микрометеорология. Л.: Гидрометеоздат, 1958. 352 с.
30. Соколов С.В. Разработка системы комплексного территориального экологического мониторинга (на примере г. Сургут: специальность 03.00.16: диссертация на соискание уч. ст. канд. биол. Наук. Российский университет дружбы народов. М., 2002. 167 с.
31. Типовые характеристики нижнего 300-метрового слоя атмосферы по измерениям на высотной мачте / под ред. Н.Л. Бызовой. Л.: Гидрометеоздат, 1982. 69 с.
32. Турбулентность. Принципы и применения / под ред. У. Фроста, Т. Моулдена, пер. с англ. В.В. Альтова, В.И. Пономарева, канд. физ.-мат. наук А.Д. Хонькина, с предисл. В.В. Струминского М.: Мир, 1980. 535 с.
33. Цветков В.Я. Цифровые карты и электронные карты // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4–3. С. 647–648.
34. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Костина Н.В. Методы синтетического картографирования территории (на примере эколого-информационной системы «VOLGABAS»). Количественные методы экологии и гидробиологии (Сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова) / отв. ред. Г.С. Розенберг. Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. 230 с.
35. Экологическая карта Удмуртской республики, разработана на базе УдГУ. Ижевск, 1997.
36. Юдинцев И.Д. Экологическая повестка как инструмент политического манипулирования в условиях гибридных войн // Политконсультант / Political Science and Technology. 2022. Т. 2, № 2. URL: <https://politicjournal.ru/PDF/01PK222.pdf> (дата обращения 21.08.2023)
37. AccuWeather. Текущее качество воздуха. URL: <https://www.accuweather.com/ru/ru/izhevsk/296181/air-quality-index/296181> (дата обращения 29.08.2023)
38. Air pollutant units and conversion factors. NSW Department of Planning and Environment. URL: <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/air/understanding-air-quality-data/units-and-conversion-factors> (дата обращения 31.08.2023)
39. AirCMS. URL: <https://aircms.online/#/> (дата обращения 29.08.2023)
40. AQI. URL: <https://www.aqi.in/air-quality-map> (дата обращения 29.08.2023)
41. Atlas Rzeczypolitey Polskey / redactor naczenly M. Naigrakowski. Copyright by Ctownly Geodeta Kraju (surveyor General of Poland) Warszawa, 1993–1997. 295 p.
42. Atmosphere monitoring service. URL: https://atmosphere.copernicus.eu/charts/packages/cams/products/carbon-dioxide-forecasts?base_time=202308280000&layer_name=composition_co2_totalcolumn&projection=classical_global&valid_time=202308280300 (дата обращения 29.08.2023)
43. Bootstrap. URL <https://getbootstrap.com/> (дата обращения 08.09.2023)
44. CityAir. URL: <https://cityair.ru/ru/monitoring-networks> (дата обращения 29.08.2023)
45. Duong T. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics/ T. Duong, B.K. Lee // Journal of Environmental Management. 2011. Vol. 92, No. 3. P. 554–562.
46. Friedman B. The dipole field in an inhomogeneous atmosphere. New York: Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University. 1951. 56 p.
47. Henderson-Sellers B. A simple formula for vertical eddy diffusion coefficients under condition of no neutral stability // Journal of Geophysical Research. 1982. Vol. 87. P. 5860–5864.
48. Köhler H. The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets // Transactions of the Faraday Society. 1936. Vol. 32. P. 1152–1161.
49. Minnesota Pollution Control Agency | AQMesh | The best small sensor air quality monitoring system. URL: <https://www.aqmesh.com/case-studies/minnesota-pollution-control-agency/> (дата обращения 18.09.2023)
50. Taylor G. Eddy Motion in the Atmosphere. //Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Math. or Phys. Character (1896–1934). 1915. P.1–26.
51. The international affairs. Environmental blackmail: who benefits from it? (дата публикации 09.04.2015 20:46). URL: <https://interaffairs.ru/news/show/12922> (дата обращения 21.08.2023)

Экология и природопользование

Семакина А.В.

52. World Air Map. URL: <https://air.plumelabs.com/en/> (дата обращения 08.09.2023)

53. Yokoyama O, Gamo M., Yamamoto S. The vertical profiles of the turbulence quantities in the atmospheric boundary layer. J. Met. Soc. Japan, 1977. Vol. 55, No. 3. P. 264–272.

References

1. Abbasova E.V., Erokhina E.V. (2019) Pravo na dostovernuyu informaciyu o sostoyanii okruzhayushchej sredy [The right to reliable information about the state of the environment], *Vestnik soveta molodyh uchenyh i specialistov Chelyabinskoy oblasti*, pp. 3-8.
2. Atmosfernaya turbulentsnost' i modelirovanie rasprostraneniya primesej (1985) [Atmospheric turbulence and modeling of impurity propagation], Hydrometeoizdat, Leningrad, 351p.
3. Akhtimankina A.V., Eroshkin V. M. (2023) Analiz podhodov k opredeleniyu urovnej zagryazneniya atmosfernogo vozduha naselennyh mest [Analysis of approaches to determining the levels of atmospheric air pollution in populated areas], Proceedings of Irkutsk State University. Earth Science Series, pp. 18-32.
4. Bezuglaya E.Y. (1980) Meteorologicheskij potencial i klimaticheskie osobennosti zagryazneniya vozduha gorodov [Meteorological potential and climatic features of urban air pollution], Hydrometeoizdat, Leningrad, 184p.
5. Bezuglaya E.Y., Abrosimova Y.E. (1998) Veb-Atlas: "Okruzhayushchaya sreda i zdorov'e naseleniya Rossii" [Web Atlas: "Environment and health of the Russian population"], available at: <http://biology.krc.karelia.ru/misc/atl/ra00.htm> (accessed 09/14/2023).
6. Berlyand M.E. (1975) Sovremennye problemy atmosfernoj diffuzii i zagryazneniya atmosfery [Modern problems of atmospheric diffusion and atmospheric pollution]. L.: Hydrometeoizdat, Leningrad, 448p.
7. Byzova N.L., Ivanov V.N., Garger E.K. (1982) Turbulentsnost' v pograničnom sloe atmosfery [Turbulence in the boundary layer of the atmosphere], Hydrometeoizdat, Leningrad, 262p.
8. Vvedenie v geokologiyu atmosfery: uchebnoe posobie (2007) [Introduction to the geocology of the atmosphere], Publishing House of Kazan University, Kazan, 112p.
9. Zilitinkevich S.S. (1970) Dinamika pograničnogo sloya atmosfery [Dynamics of the boundary layer of the atmosphere], Hydrometeoizdat, Leningrad, 290p.
10. Karta «Vybros vrednyh veshchestv v atmosferu na territorii Moskovskoj oblasti» [Map "Emission of harmful substances into the atmosphere on the territory of the Moscow region"], available at: <http://www.exclusiverealestate.ru/info/ecology/index.php> (accessed 09/14/2023).
11. Karta «Integral'noj ocenki potenciala zagryazneniya atmosfery respubliki Tatarstan» [Map of the "Integrated assessment of the potential of atmospheric pollution of the Republic of Tatarstan"], available at: http://arshin-rt.ru/index.php?str_id=192 (accessed 09/14/2023).
12. Karta «Ekologicheskoy situacii respubliki Tatarstan» (1994) [Map of the "Ecological situation of the Republic of Tatarstan"], Russia.
13. Kachestvo vozduha v Google Kartah [Air quality in Google Maps], available at: <https://support.google.com/maps/answer/11270845> (accessed 11.09.2023).
14. Kachurin L.G. (1990) Fizicheskie osnovy vozdejstviya na atmosferynye processy [Physical bases of influence on atmospheric processes], Hydrometeoizdat, Leningrad, p.463.
15. Kompleksnyj atlas Ukrainy (2005) [Comprehensive Atlas of Ukraine], Cartography, Kiev, 96p.
16. Bor'ba za zdorov'e, ekologicheskij shantazh ili nechestnaya konkurenciya (2018) [The fight for health, environmental blackmail or unfair competition], Komsomol'skaya Pravda, <https://www.kp.ru/daily/26909/3955325> (accessed 08/21/2023).
17. Komfortnaya sreda [A comfortable environment], available at: <https://komfortsreda.udsu.ru/> (accessed 02/19/2024).
18. Laichtman D.L. (1970) Fizika pograničnogo sloya atmosfery [Physics of the boundary layer of the atmosphere], Hydrometeoizdat, Leningrad, 290p.
19. Levin A.V. K voprosu ob uravneniyah, opisuyushchih turbulentnyuyu diffuziyu v atmosfere [On the question of equations describing turbulent diffusion in the atmosphere], Kyiv, pp.102-107.
20. Marchuk G.I. (1982) Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhayushchej sredy [Mathematical modeling in the problem of the environment], Nauka, Moscow, 319p.
21. Mediko-ekologicheskij atlas goroda Voronezha [Medical and ecological atlas of the city of Voronezh], available at: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.files/page0011.htm> (accessed 09/15/2023).
22. Monin A.S. (1954) Osnovnye zakonomernosti turbulentnogo peremeshivaniya v prizemnom sloe atmosfery [Obukhov A.M. The main patterns of turbulent mixing in the surface layer of the atmosphere], Proceedings of the Geophysical Institute of the USSR Academy of Sciences, Moscow, P.245.
23. Monin A.S. Yaglom A.M. (1965) Statische gidromekhanika [Static hydromechanics], Nauka, Moscow, P.639.
24. Ekologi kraja obespekoyeny zagryazneniem vozduha v Krasnoyarske (2005) [Environmentalists of the region are concerned about air pollution in Krasnoyarsk], Nauchno-prakticheskij portal «Ekologiya proizvodstva», available at: <https://www.ecoindustry.ru/news/view/4741.html> (accessed 08/21/2023).
25. Osokin R.V. (2008) Politicheskoe manipulirovanie v sfere ekologicheskoy bezopasnosti v sovremennoj Rossii, Diss. rabota na soiskanie uch. st. kand. Nauk, Saratov, 163p.
26. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii ot 30 iyulya 2020 goda №524 «Ob utverzhdenii trebovanij k provedeniyu nablyudenij za sostoyaniem okruzhayushchej sredy, ee zagryazneniem» (2020), available at: <https://docs.cntd.ru/document/565649091> (accessed 08/25/2023).
27. Greenwashing: kak raspoznat' psevdokologichnye tovary (2019) [Greenwashing: how to recognize pseudo-ecological products], Roskachestvo, available at: <https://rskrf.ru/tips/rassledovaniya/greenwashing-kak-raspoznat-psevdokologichnye-tovary/> (accessed 08/21/2023).
28. Grinvoshing, ili neuzheli vy platite za ekologichnost' (2023) [Greenwashing, or are you really paying for environmental friendliness], Russkoe geograficheskoe obshchestvo, available at: <https://www.rgo.ru/ru/article/grinvoshing-ili-neuzheli-vy-platite-za-ekologichnost> (accessed 08/21/2023).

Экология и природопользование

Семакина А.В.

29. Setton O.G. (1958) Mikrometeorologiya [Micrometeorology], Hydrometeoizdat, Leningrad, 352p.
30. Sokolov S.V. (2002) Razrabotka sistemy kompleksnogo territorial'nogo ekologicheskogo monitoringa (na primere g. Surgut), Diss. rabota na soiskanie uch. st. kand. Nauk, Moscow. – 167p.
31. Tipovye harakteristiki nizhnego 300-metrovogo sloya atmosfery po izmereniyam na vysotnoj machte (1982) [Typical characteristics of the lower 300-meter layer of the atmosphere according to measurements on a high-altitude mast], Hydrometeoizdat, Leningrad, 69p.
32. Turbulentnost'. Principy i primeneniya (1980) [Turbulence. Principles and applications] Mir, Moscow, 535 p.
33. Tsvetkov V.Y. (2016) Cifrovye karty i elektronnye karty [Digital maps and electronic maps], Cifrovye karty i elektronnye karty, pp. 647-648.
34. Shitikov V.K., Rosenberg G.S., Kostina N.V. (2005) Metody sinteticheskogo kartografirovaniya territorii (na primere ekologo-informacionnoj sistemy «VOLGABAS») [Methods of synthetic mapping of the territory (on the example of the environmental information system "VOLGABAS")], Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii, 230p.
35. Ekologicheskaya karta UR (1997) [Environmental map of UR], UdGU, Izhevsk.
36. Yuditsev I.D. (2023) kologicheskaya povestka kak instrument politicheskogo manipulirovaniya v usloviyah gibridnykh vojn [The environmental agenda as a tool of political manipulation in conditions of hybrid wars], Politkonsul'tant. Political Science and Technology, available at: <https://politicjournal.ru/PDF/01PK222.pdf> (accessed 08/21/2023).
37. AccuWeather. Tekushchee kachestvo vozduha [Current air quality], available at: <https://www.accuweather.com/ru/ru/izhevsk/296181/air-quality-index/296181> (accessed 08/29/2023).
38. Air pollutant units and conversion factors. NSW Department of Planning and Environment. Available at: <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/air/understanding-air-quality-data/units-and-conversion-factors> (accessed 31/08/2023).
39. AirCMS. Available at: <https://aircms.online/#/> (accessed 29/08/2023).
40. AQI. Available at: <https://www.aqi.in/air-quality-map> (accessed 29/08/2023).
41. Atlas Rzeczypolitey Polskey (1993-1997), Copyright by Ctownly Geodeta Kraju, Warszawa, 295p.
42. Atmosphere monitoring service. Available at: https://atmosphere.copernicus.eu/charts/packages/cams/products/carbon-dioxide-forecasts?base_time=202308280000&layer_name=composition_co2_totalcolumn&projection=classical_global&valid_time=202308280300 (accessed 29/08/2023).
43. Bootstrap. Available at: <https://getbootstrap.com/> (accessed 08/09/2023)
44. CityAir. Available at: <https://cityair.ru/ru/monitoring-networks> (accessed 29/08/2023).
45. Duong T. (2011) Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics, Journal of Environmental Management, P.554-562.
46. Friedman B. (1951) The dipole field in an inhomogeneous atmosphere. Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University, New York, 56 p.
47. Henderson-Sellers B. (1982) A simple formula for vertical eddy diffusion coefficients under condition of no neutral stability, Journal of Geophysical Research, pp.5860–5864.
48. Köhler H. (1936) The nucleus in and the growth of hygroscopic droplets, Transactions of the Faraday Society, P. 1152 – 1161.
49. Minnesota Pollution Control Agency | AQMesh | The best small sensor air quality monitoring system Available at: <https://www.aqmesh.com/case-studies/minnesota-pollution-control-agency/> (accessed 18/09/2023).
50. Taylor, G. Eddy (1915) Motion in the Atmosphere, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, P. 1–26.
51. The international affairs. Environmental blackmail: who benefits from it? (2015) URL: available at: <https://interafairs.ru/news/show/12922> (accessed 29/08/2023).
52. World Air Map. Available at: <https://air.plumelabs.com/en/> (accessed 29/08/2023) (дата обращения 08.09.2023).
53. Yokoyama O, Gamo M., Yamamoto S. (1977) The vertical profiles of the turbulence quantities I the atmospheric boundary layer, Japan, P.264-272.

Статья поступила в редакцию: 03.04.24, одобрена после рецензирования: 18.10.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 4 April 2024; approved after review: 18 October 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Алсу Валерьевна Семакина

кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры экологии и природопользования
Института естественных наук,
Удмуртский государственный университет;
426034, Россия, Удмуртская Республика, г. Ижевск,
ул. Университетская, 1/1

Information about the author

Alsu V. Semakina

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

e-mail: alsen13@list.ru

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 379.852

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-160-170

ГЕОТЕГИ КАК ИСТОЧНИК ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МАССОВЫХ ПОСЕЩЕНИЙ СВЯТЫХ РОДНИКОВ И ИСТОЧНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**Юрий Николаевич Голубчиков¹, Екатерина Игоревна Степанова²**¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия¹ golubchikov@list.ru, Scopus Author ID: 3305, SPIN-код: 4238-9722, AuthorID РИНЦ: 58859² epovaekaterina@mail.ru, SPIN-код: 5450-6120, AuthorID РИНЦ: 886736

Аннотация. Впервые изучена совокупность геотегов вокруг 45 источников, родников и колодцев Ленинградской области, относимых к святым, для выявления посещаемости святых источников и родников Ленинградской области. Сбор данных был произведен в российской социальной сети «ВКонтакте» с использованием скрипта для поиска пользователей и фотографий по геолокации источника с радиусом охвата вокруг него в 100 м за период с января 2013 г. по май 2022 г. За это время загружено 17 606 туристских фотографий, рассматриваемых в качестве показателя туристской активности. По территориальной концентрации геотегов выделено три территориальных ареала концентраций массовых посещений святых источников, на которые пришелся 91 % геотегов. На 7 наиболее геотегированных святых источников приходится 69,2 % всех фотографий. Их высокой посещаемости способствуют известность, удобное месторасположение, доступность для посещения, обустроенность часовнями, купелями и купальнями, размещение в комплексе с храмом, монастырем, церковью, исторической традицией. Совокупность нескольких разных факторов существенно повышает известность источника и число его геотегов. Геотегирование святых источников за 2 года пандемии почти в 3 раза превзошло предшествующие 7 лет до пандемии. Пролеген дальнейший постпандемийный повышенный интерес к ним. С периодом режима самоизоляции населения возрастают также поисковые запросы в Интернете по природным святым источникам (родникам, ключам). Статистический анализ постов тематических сообществ социальной сети «ВКонтакте» инструментом «Хиталама» свидетельствует о социальной востребованности информации о святых источниках. Эти данные, наряду с анализом геотегирования, служат перспективным каналом информации о поведенческой географии.

Ключевые слова: святые источники, Ленинградская область, «ВКонтакте», геотеги, пандемия, туризм, паломничество

Для цитирования: Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И. Геотеги как источник данных для исследований массовых посещений святых родников и источников (на примере Ленинградской области) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 160–170. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-160-170

RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-160-170

GEOTAGS AS A DATA SOURCE FOR RESEARCH ON MASS VISITS TO HOLY SPRINGS AND WELLS (THE CASE OF THE LENINGRAD REGION)**Yuri N. Golubchikov¹, Ekaterina I. Stepanova²**¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia² St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia¹ golubchikov@list.ru, Scopus Author ID: 3305, SPIN-code: 4238-9722, Author ID (RSCI): 58859² epovaekaterina@mail.ru, SPIN-code: 5450-6120, Author ID (RSCI): 886736

Abstract. This work is the first to study a set of geotags around 45 springs and wells of the Leningrad region classified as holy in order to find out the attendance at these holy sites. Data were collected on the Russian social networking service VKontakte using a script searching for users and photos by geolocation of a spring with a coverage radius of 100 meters. The period under study is from January 2013 to May 2022. During this time, 17,606 tourist photos were uploaded around the springs, which is considered as an indicator of tourist activity. According to the territorial concentration of geotags, three concentration areas of mass visits to holy springs were identified, which account for 91% of the geotags. The 7 most geotagged holy springs account for 69.2% of all photographs. High attendance at these springs is promoted by: their being famous; convenient location; visiting accessibility; the presence of chapels, fonts, and baths; location in a complex with a temple, monastery, or church; historical tradition. A combination of several factors significantly increases the popularity of the spring and the number of geotags. Geotagging of holy springs during the 2 years of the pandemic was almost 3 times higher than that in 7 preceding years. The study traces a further post-pandemic increased interest in them.



Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

During the period of the self-isolation regime, there also increased the number of Internet search queries about natural holy springs and wells. Statistical analysis of posts in thematic communities in VKontakte conducted with the Khitalama tool indicates a social demand for information about holy springs. These data, along with the geotagging analysis, serve as a promising source of information on behavioral geography.

Keywords: holy springs, Leningrad region, VKontakte, geotags, pandemic, tourism, pilgrimage

For citation: Golubchikov, Yu.N., Stepanova, E.I. (2024). Geotags as a data source for research on mass visits to holy springs and wells (the case of the Leningrad region). *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 160–170. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-160-170

Введение

Родниковая вода наделяется необыкновенной целительной силой. В народной православной традиции бытуют легенды и предания, связанные с источниками. Поэтому издавна в их близости располагали часовни, церкви или монастыри. Сами родники обустроивали в виде колодцев, гротов, надкладных часовен и купелей [1; 3; 8].

В ряде стран мира священные родники и источники законодательно отнесены к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) или объектам природно-культурного наследия [16; 17]. Это очень своевременно. Раньше святых источников в России было гораздо больше. Многие из них оказались погублены в 1920–30-х гг. Например, святых источников почти нет на северо-западе Ленинградской области. Родники с чистой водой есть, но со святой водой нет. Можно допустить, что коренное население после Второй мировой войны было замещено прибывшим из других областей СССР, не знавшим местные традиции и обычаи. Значительная часть информации о сакральных местах могла быть в результате утрачена. Поэтому крайне важно изучение оставшихся святых источников.

Посещение святых источников объединяет геотуризм и ландшафтотерапию с паломничеством. Но с туристских позиций это направление исследовано крайне недостаточно. Между тем интерес к ним растет и усиливается в связи с пандемией.

Нами были собраны сведения о 45 святых источников Ленинградской области. Для причисления их к святым послужили данные сайтов о святых источниках России (<http://www.svyato.info.ru>), «Благоздравница» (<http://www.blagozdravnica.ru>), журнал-путеводителя «ПоезжайКа!» (<http://www.poezhaika.ru>), Народной карты (<http://www.n.maps.yandex.ru>), информационного сервиса «Космоснимки» (<http://www.kosmosnimki.ru>), картографического сервиса Google Maps (<http://www.google.ru/maps>).

Методология исследования

Появление социальных сетей и повсеместное использование смартфонов позволяет составить представление о посещаемости источников с помощью информации о геотегах – фотографиях с привязанными географическими координатами. Специалисты всего мира используют данные социальных сетей для моделирования социальных и экономических процессов [5; 11; 12]. Однако для выявления посещаемости источников, родников и колодцев, относимых к святым, данная методика применяется, по-видимому, впервые.

Многие социальные сети требуют получения согласия на обработку данных или не поддерживают доступ к геотегам. Наиболее оптимальной для наших задач явилась социальная сеть «ВКонтакте». Это самая крупная площадка социальных медиа в России из удобных для получения геотегов фотографий.

Сбор данных для выявления посещаемости святых источников и родников Ленинградской области был произведен с использованием скрипта для поиска пользователей и фотографий по геолокации (геоточке) [18] за период с января 2013 г. по май 2022 г. Радиус охвата вокруг геоточки – 100 м. Для исследования собраны показатели по 45 святым источникам. Они приведены в табл. 1.

Таблица 1

Пример выгруженных данных для святого источника иконы Богородицы Живоносный источник
Examples of uploaded data for the holy spring of the icon of the Theotokos of the Life-Giving Spring

ID пользователя	Ссылка на пользователя	Ссылка на страницу фото	Дата и время публикации	Координаты
216974102	https://vk.com/id216974102	https://vk.com/photo216974102_457239497	3 мая 2022 09:59	60.462018 с.ш. 33.139 в.д.
236337559	https://vk.com/id236337559	https://vk.com/photo236337559_457241489	24 августа 2021 22:30	60.462005 с.ш. 33.13923 в.д.

За период наблюдения (с января 2013 г. по май 2022 г.) на территории, прилегающей к источникам в радиусе 100 м, было загружено 17 606 геотегов туристических фотографий. Все святые источники нанесены на карту Ленинградской области масштаба 1:2000000 с использованием ГИС-системы – QGIS 3.6.2. (рис. 1–2).

Результаты исследований и их обсуждение

Ленинградская область является одним из популярных паломнических направлений к святым водным источникам. Из проанализированных нами 45 источников и родников 13 объектов имеют вид колодца, 4 обустроены в виде гротов, 16 источников оборудованы надкладными часовнями, 11 святых источников имеют купель, на 11 объектах сооружены поклонные кресты. Список всех объектов религиозного культа представлен в табл. 2. Их нумерация совпадает с номерами источников, приведенных на картах (рис. 1–2).

Рекреационная география и туризм
Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

Таблица 2

Святые источники Ленинградской области
Holy springs of the Leningrad region

Источник, номер на картосхеме		Родник, деревянная купель и часовня, монастырь	Количество геотегов	
			Фотографии	Пользователи
Святой источник Леушинской иконы Похвалы Божией Матери	1	Родник, бетонный колодец, крест. Ближайший храм Святых Первоверховных Апостолов Петра и Павла села Сомино	18	10
Святое Дымское озеро	2	Озеро около Антониево-Дымского Свято-Троицкого мужского монастыря. Поклонный крест в озере на камне. Каменно-деревянная часовня Преподобного Антония. История храма выводится с XIII в.	1841	392
Святой источник во имя иконы Божьей матери Всех скорбящих радость и Святой источник в честь святителя Николая	3	Родник. Деревянный храм св. Иоанна Кронштадского	1	1
Почитаемый источник – верховье Белой реки в деревне Верховье	4	Родник в верховьях Белой реки	22	8
Святой источник Святого Николая Чудотворца	5	Родник, деревянный колодец, деревянная крытая купель. Ближайший храм – Свято-Троицкое женское подворье Тихвинского Богородичного Успенского мужского монастыря (Троицкий скит) в Сенно	76	22
Святой источник во имя Святого Спиридона	6	Родник, крест, бетонный колодец	15	12
Святой источник Божией Матери иконы её Всех скорбящих Радость	7	Родник. Деревянная купель. Часовня 2003 г. Ближайший храм Святых Первоверховных Апостолов Петра и Павла села Сомино. Служба ведется с XVIII в.	4	3
Святой источник Параскевы Пятницы	8	Родник не действует. Часовня была разрушена в 1961 г.	27	6
Святой источник в деревне Сосницы	9	Родник. Имеется надкладная часовня	7	2
Святой источник в селе Хотнежи	10	Родник. Поклонный крест	25	11
Святой источник Пантелеймона Целителя	11	Родник. Деревянная купель. Часовня 2004 г.	790	198
Святой источник Евпраксии	12	Родник. Колодец деревянный закрытый. Крест деревянный. Деревянная открытая купель. История родника с XVIII в.	4	1
Святой источник иконы Казанской Божией Матери	13	Родник. Деревянный колодец 3х3 м. Купель. Деревянная часовня 1996 г. Служба ведется 21 июля и 4 ноября	70	14
Святой источник и купель во имя Св. Параскевы Пятницы в Старой Ладогe	14	Родник. Каменная купель, крест деревянный. История родника с IX в.	140	70
Колодец святой вмц. Варвары в Успенском женском монастыре в Старой Ладогe	15	Колодец. Надкладная деревянная часовня 2011 г. на территории Староладожского Свято-Успенского девичьего монастыря к юго-востоку от Успенской церкви	2084	432
Святой источник Бездонный	16	Колодец. Икона Божией Матери Казанская	12	5
Источник Мартирия Зеленецкого	17	Колодец. Надкладная деревянная часовня	234	38
Святой источник в Сертолово	18	Колодец деревянный	18	10
Святой источник у села Рождествено	19	Родник в честь иконы Божией Матери «Живоносный Источник» в парке музея-усадьбы «Рождествено» на берегу реки Грязна. Пещера, пробитая подземными родниками в толще девонских песчаников. Купель. Вода насыщена радоном	2197	434
Святой источник Выбье	20	Родник. Деревянная купель и деревянная часовня	242	81

Рекреационная география и туризм
Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

Продолжение табл. 2

Источник, номер на картосхеме		Родник, деревянная купель и часовня, монастырь	Количество геотегов	
			Фотографии	Пользователи
Святой источник вмц. Екатерины	21	Родник из трубы в обрыве	626	136
Источник в Мануйлово	22	Родник. Деревянный крест	37	14
Ильинский святой источник	23	Родники в пруду. Часовня	190	9
Святой источник Пресвятой Богородицы	24	Родник. Купель деревянная. Деревянная часовня 2006 г. История родника с 1700 г.	353	86
Святой источник в Васильково	25	Родник на реке Ингорь. Поклонный крест	9	6
Святой источник во имя иконы Божией Матери Всех скорбящих радость Змеява Новинка	26	Родник. Купель из срубаю. Деревянная часовня 1995 г. Источник с XIX в.	127	42
Святой источник в Лезье подо Мгой	27	Родник. Деревянная купель с XIX в. Святой источник вытекает из-под горы с бывшим храмом Успения Божией Матери (разрушен в середине XIX в.)	982	174
Святой источник иконы Божией Матери Нечаянная Радость	28	Родник. На горке церковь Всех скорбящих Радость 2007–2010 гг. История родника ранее 1917 г.	23	10
Святой источник иконы Бого- родицы Живоносный источник	29	Родник. Йодисто-радоновая минеральная вода со стабильной температурой 12 °С. Закрытая купальня. Часовня над источником 2005 г. Рядом пруд.	891	252
Святой источник Александра Свирского	30	Родник. Каменная надкладная часовня 1791 г. История источника с XVI в. Свято-Троицкий Александра Свирского монастырь	2361	428
Святой источник во имя иконы Тихвинской Божие Матери	31	Родник. Деревянная часовня. История источника с XVIII в.	59	24
Святой источник Тервениче- ской иконы Божией Матери	32	Родник на берегу озера. Каменная купелью Часовня каменная надкладная 1997 г.	1864	204
Святой источник Параскевы Пятницы близ села Сяберо	33	Родник. Купель. Деревянная часовня 2013 г. Первую часовню поставил А. Невский в XIII в. Почитаемый камень «Параскева-матушка»	145	25
Святой источник Пресвятой Богородицы Печерской в Турово	34	Родник. Купель. Деревянная часовня 2013 г. История родника с XVI в.	261	72
Пещерный святой источник «Кузовница» в Клескушах	35	Родник. Грот. История родника с XV в.	40	13
Святой источник св. мученика Трифона Городецкого в де- ревне Городец	36	Родник. Колодец из деревянного сруба. Часовня-купальня с купелью. История с XVI в.	223	76
Святой источник во имя благо- верных князей-страстотерпцев Бориса и Глеба	37	Родник. Купель. Поклонный крест	7	2
Никольский святой источник на озере Славенка	38	Родник на берегу озера Славянка. Столобок с иконой Св. Николая	11	4
Святой ключ	39	Родник на святой горе острова Коневец. Заболочен, не используется. Часовня и скит Казанской иконы Божией Матери. Коневской. Рождество-Богородичный монастырь.	25	19
Святой источник Успения Пресвятой Богородицы в Доложской пещере	40	Родник. Доложская пещера на берегу р. Долгая. Камень в реке со следом Богородицы. Пещера, поклонный крест. Купель в реке Долгая. История родника с XVIII в.	498	86
Святой источник Праскевы Пятницы	41	Родник на берегу озера Пенино. Деревянная купель. Каменная часовня 1901 г., освященная Иоанном Кронштадским	588	95
Святой источник Кушела (Иван Ручий, Ивановские ручьи)	42	Грот. История источника с XVIII в.	35	7

Рекреационная география и туризм
Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

Окончание табл. 2

Источник, номер на картосхеме	Родник, деревянная купель и часовня, монастырь	Количество геотегов	
		Фотографии	Пользователи
Карстовые родники «Кипуны» у деревни Лукино	43	122	42
Святой источник в Шапках	44	170	65
Святой источник во имя св. Серафима Саровского в пос. Песочное (Графское)	45	67	20

Как и большинство родников, святые источники концентрируются возле границ возрастных и, соответственно, литологических систем. В Ленинградской области они часто приурочены к границам девона и ордовика, ордовика и кембрия (Балтийскому глинту) (рис. 1). В настоящее время вдоль линии Балтийско-Ладожского глинта – уникального уступа в рельефе длиной 1200 км – планируется создание трансграничного геологического парка под эгидой ЮНЕСКО «Ингерманландия».

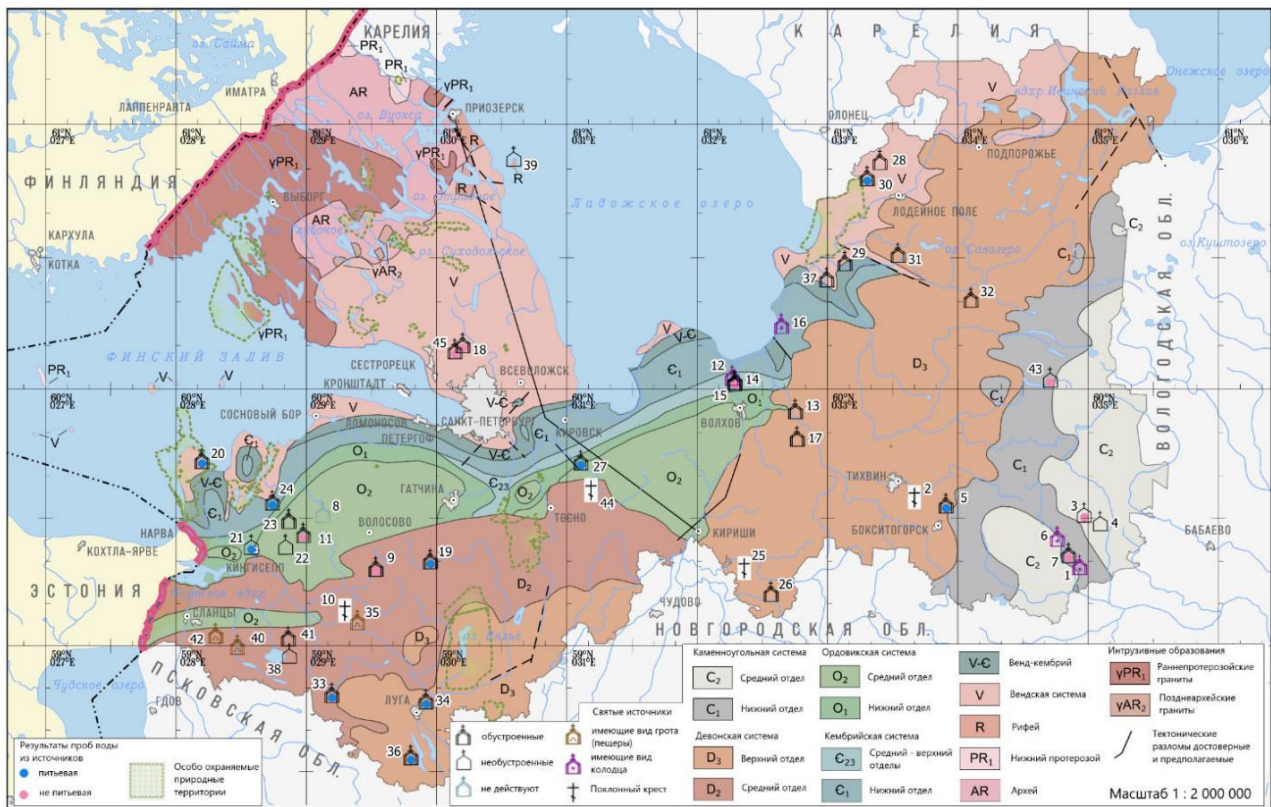


Рис. 1. Геологическая карта Ленинградской области со святыми источниками.

Нумерация источников соответствует табл. 2

Fig. 1. Geological map of the Leningrad region with holy springs. The numbering of springs corresponds to Table 2

На карте геотегов святых источников Ленинградской области (рис. 2) представлено соотношение количества геотегируемых фотографий к количеству геотегируемых пользователей согласно данным табл. 2.

Рекреационная география и туризм
Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

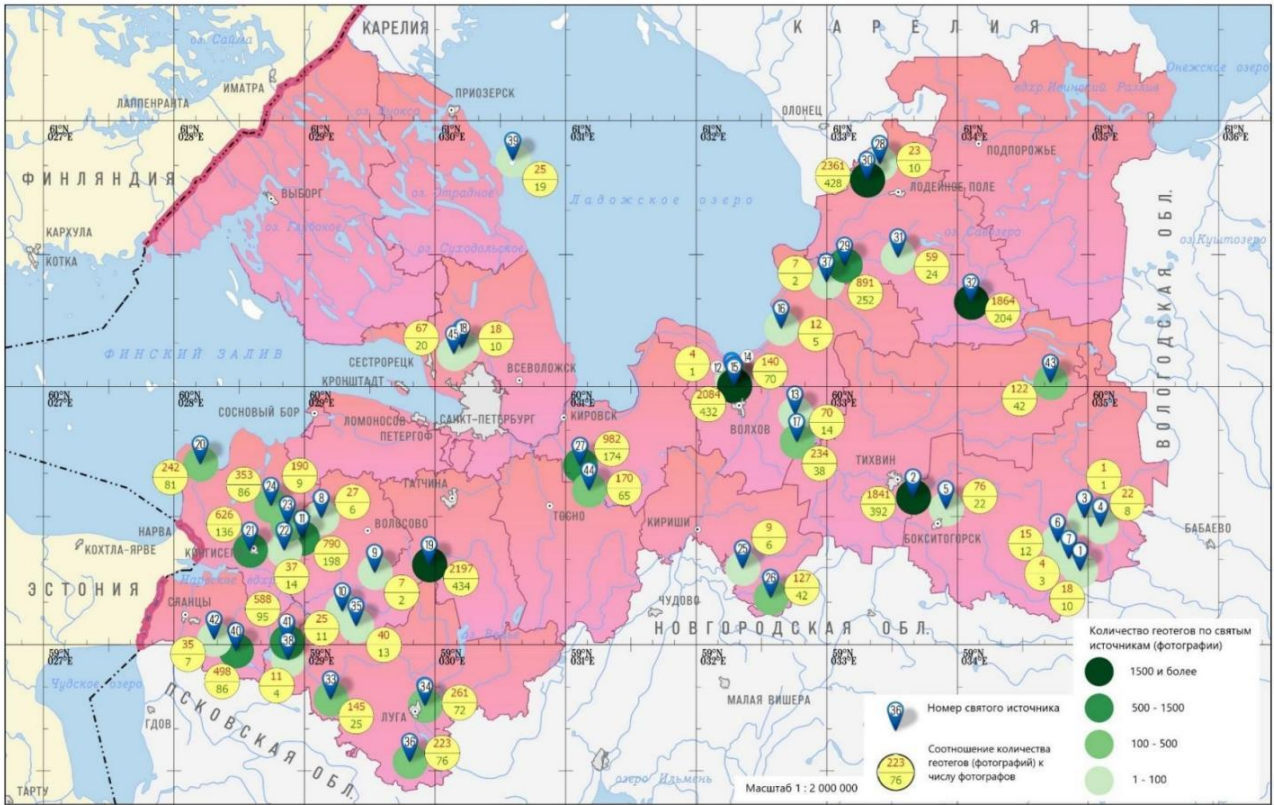


Рис. 2. Карта геотегов святых источников Ленинградской области. Нумерация источников соответствует табл. 2
Fig. 2. Geotags of holy springs in the Leningrad region. The numbering of springs corresponds to Table 2

Из 14 районов Ленинградской области наиболее богаты святыми источниками Бокситогорский (7 источников), Волховский (6 источников), Лужский (6 источников), Кингисеппский (5 источников) и Лодейнополюский районы (5 источников) (рис. 3).

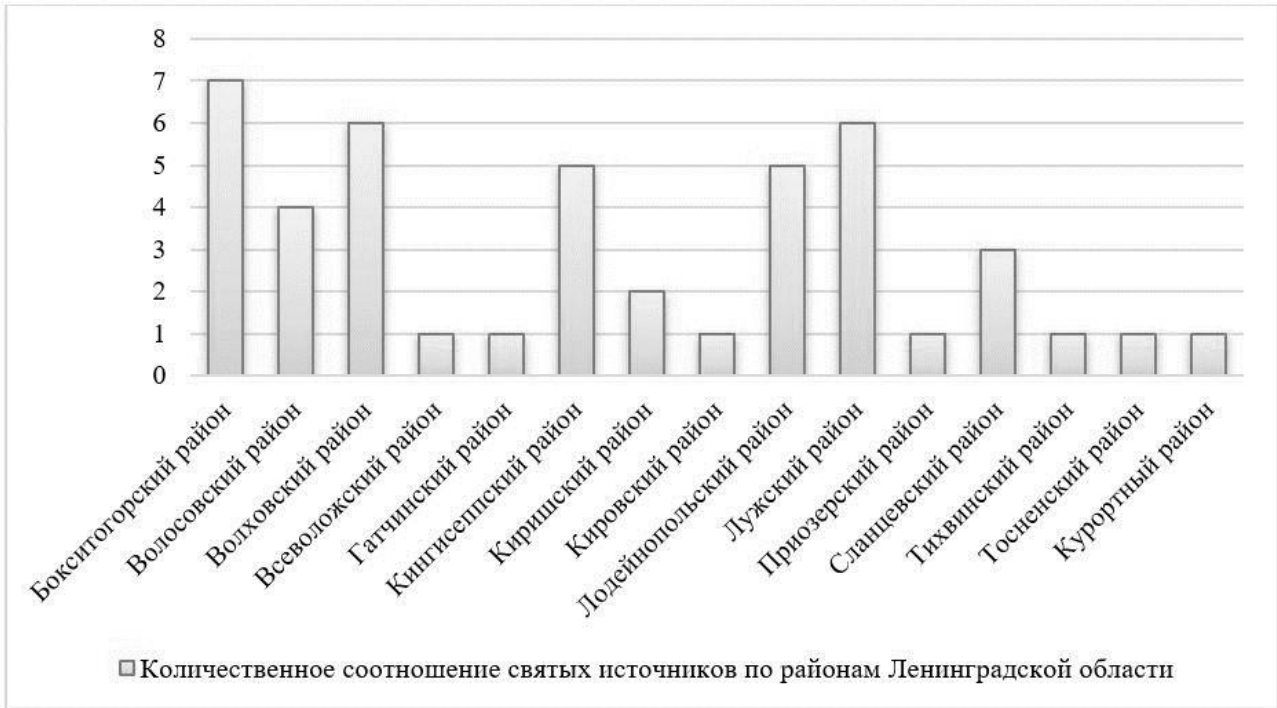


Рис. 3. Количественное соотношение святых источников по районам Ленинградской области
Fig. 3. Quantitative ratio of holy springs by districts of the Leningrad region

Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

Несколько иное распределение геотегов туристических фотографий по административным районам Ленинградской области. Большинство их приходится на Лодейнопольский (30 %) район, где расположены очень почитаемые источники Александра Свирского в Свято-Троицком Александре Свирского монастыре и Святой источник Тервенической иконы Божией Матери.

Большинство остальных геотегов пришлось на районы Волховский (15 %), Гатчинский (12 %), Бокситогорский (11 %), Кингисеппский (8 %), Сланцевский (6 %), Кировский район (6 %), Волосовский (5 %), Лужский (4 %).

Таблица 3

Распределение геотегов фотографий по наиболее посещаемым святым источникам Ленинградской области в 2013–2022 гг.
Distribution of geotagged photos by the most visited holy springs of the Leningrad region in 2013–2022

<i>Паломнические центры</i>	<i>Номер на карте</i>	<i>Количество фотографий</i>	<i>Территориальная группа</i>
Святой источник Александра Свирского	30	2361	Приладожская
Святой источник у села Рождествено	19	2197	Кингисеппско-Лужская
Колодец святой вмц. Варвары в Успенском женском монастыре в Старой Ладоге	15	2084	Приладожская
Святой источник Тервенической иконы Божией Матери	32	1864	Приладожская
Святое Дымское озеро	2	1841	Дымская
Святой источник в Лезье подо Мгой	27	982	Приладожская
Святой источник иконы Богородицы Живоносный источник	29	891	Приладожская

На 7 наиболее геотегируемых святым источникам приходится 69,2 % всех фотографий (табл. 3). Они образуют каркас паломнического туризма области и особенно нуждаются в грамотном имиджевом продвижении для дальнейшего притока туристов. Высокой их посещаемости способствуют удобное месторасположение, доступность для посещения, обустроенность часовнями, купелями и купальнями, размещение в комплексе с храмом, монастырем, церковью, исторической традицией. Совокупность нескольких разных факторов существенно повышает известность источника и число его геотегов.

География пользователей социальной сети «ВКонтакте», разместивших фотографии с геотегами наиболее посещаемых святым источникам Ленинградской области, обширна и разнообразна – охвачена вся территория России от Владивостока до Калининграда, а также зарубежные страны: Белоруссия, Финляндия, Испания, Аргентина, Греция, США и Колумбия. Самый высокий показатель геотегов (более 60 %) приходится на жителей Санкт-Петербурга.

К наименее посещаемым святым источникам относится святой источник во имя иконы Божьей матери Всех скорбящих радость и святой источник в честь святителя Николая (3), святой источник Божией Матери иконы её Всех скорбящих Радость (7), святой источник в деревне Сосницы (9), святой источник Евпраксии (12), святой источник в Васильково (25), святой источник во имя благоверных князей-страстотерпцев Бориса и Глеба (37). Удаленность источников от населенных пунктов, труднодоступность, отсутствие или плохое состояние инфраструктуры, заболоченность влияют на низкие показатели их посещаемости.

Посещаемость святым источникам значительно возросла во время пандемии. На рисунке 4 представлена диаграмма количественного соотношения геотегов по святым источникам Ленинградской области до пандемии, в период пандемии и после пандемии. В период пандемии с 30 марта 2020 г. по декабрь 2021 г. количество геотегов почти в 3 раза превысило значения посещаемости источников за все 7 лет до пандемии за период до ее начала. После пандемии интерес к источникам не угас и число геотегов лишь за первые месяцы 2022 г. достигло почти половины предшествующих пандемии 7 лет.

Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

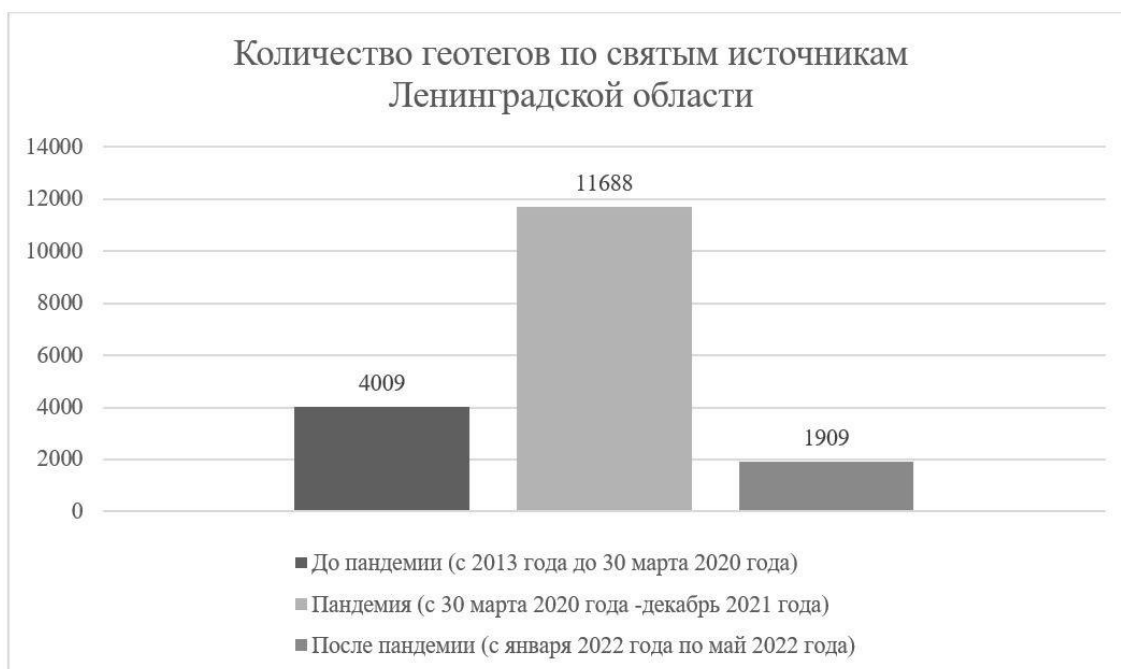


Рис. 4. Количество геотегов по святым источникам Ленинградской области

Fig. 4. The number of geotags on the holy springs of the Leningrad region

С пандемией возросли также поисковые запросы в Интернете по природным святым источникам (родникам, ключам). Интерес населения к поиску информации о святых источниках, данных о существующих экологических маршрутах по местам объектов религиозного культа определил тенденцию возросшей популярности поисковых запросов в сети Интернет. Приведем результаты анализа самых актуальных из них (рис. 5).

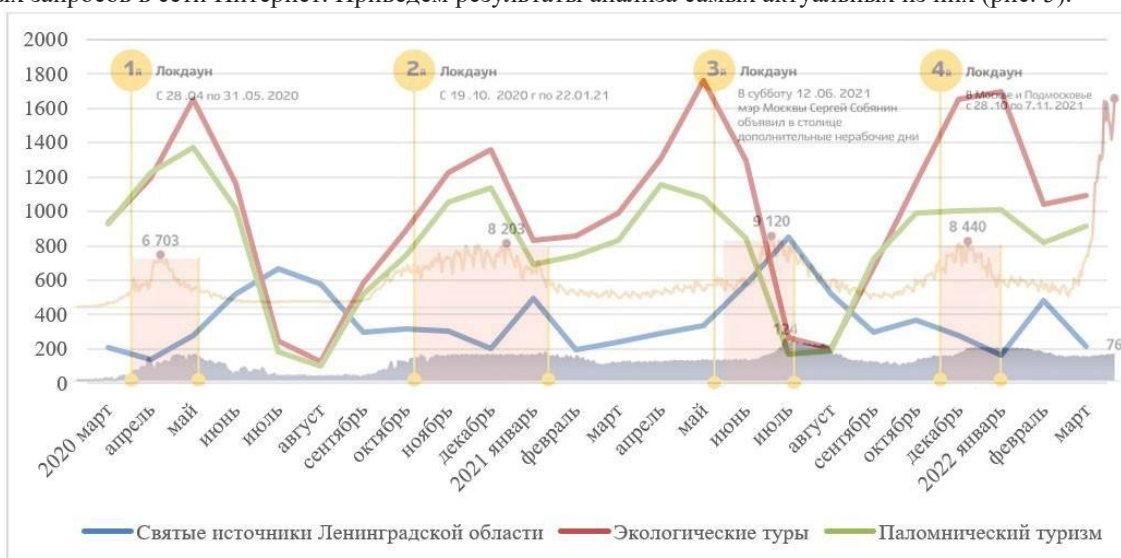


Рис. 5. Динамика поисковых запросов на интернет-портале «Яндекс» за период март 2020 г. – март 2022 г., динамики режима самоизоляции населения

Fig. 5. Dynamics of search queries on the Yandex web portal for the period March 2020 – March 2022; dynamics of the self-isolation regime

Для работы с поисковыми запросами был использован сервис подбора слов Wordstat Yandex, который позволяет анализировать пользовательский спрос на информацию по ключевым фразам с привязкой ко времени.

В ходе анализа посещаемости информационных ресурсов по объектам религиозного культа (святых источников) было установлено:

1. Рост количества запросов по фразе «святые источники Ленинградской области» совпадает с периодом режима самоизоляции населения (март – май 2020 г., январь 2021 г., апрель – август 2021 г.).

2. Резкий всплеск интереса пользователей по запросам «экологические туры», «паломнический туризм» совпадает с первыми месяцами пандемии (март – июнь 2020 г.).

Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

3. В число первых 5 регионов по наибольшим поисковым запросам «святые источники» входят: Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Новосибирская область, Свердловская область и Краснодарский край.

Статистический анализ постов тематических сообществ социальной сети «ВКонтакте» инструментом «Хиталама» позволил определить наличие социальных групп – сообществ, деятельность которых свидетельствует о социальной востребованности информации о святых источниках (рис. 6).

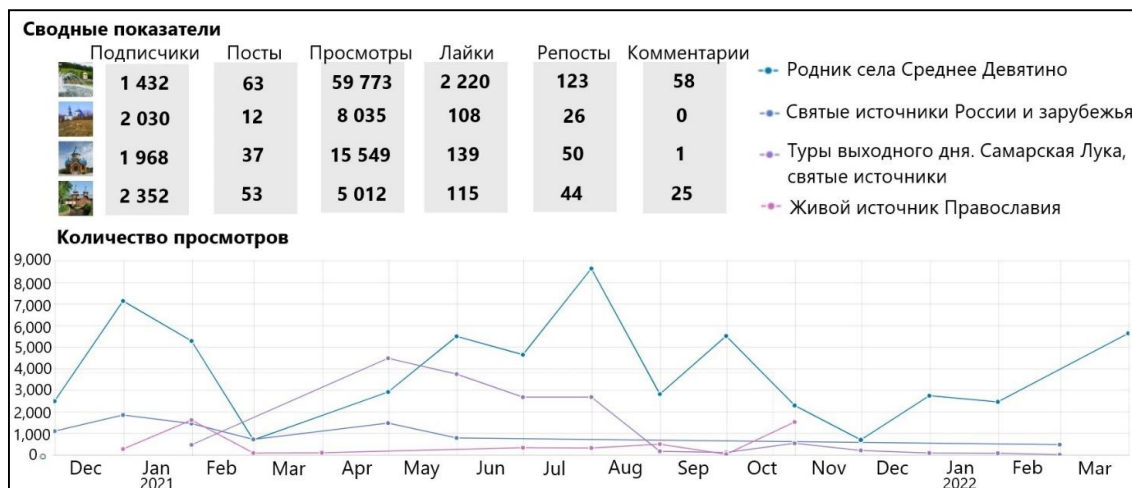


Рис. 6. Сводные показатели тематических сообществ социальной сети «ВКонтакте» (декабрь 2020 г. – март 2022 г.)

Fig. 6. Summary indicators of thematic communities on Vkontakte social networking service (December 2020 – March 2022)

Выборка основывалась на тематике сообщества, количестве подписчиков (от 1,5 тыс. до 2,5 тыс.), данных просмотров и репостов постов. Так выявлены:

– сообщество «Родник села Среднее Девятино». В сообществе состоит 1 432 участников; количество просмотров постов сообщества – 59 773; пики активности сообщества наблюдались в декабре – январе 2020 г., мае 2021 г. – октябре 2021 г., что отражает выявленную нами ранее динамику обращений и запросов, связанных со святыми источниками;

– сообщество «Святые источники России и зарубежья». В сообществе 2 030 подписчик. При небольшом количестве постов данные по просмотрам достигают значений 8 035 (в среднем 670 просмотров на 1 пост);

– сообщество «Туры выходного дня. Самарская Лука, святые источники». В данном сообществе 1 968 подписчиков, 37 постов; 15 549 просмотров; 139 лайков. Пики подъемов просмотров материалов сообщества наблюдались в периоды: май 2021 г. – 4 500; июнь 2021 г. – 3 800; июль и август 2021 г. – 2 600;

– сообщество «Живой источник Православия». В сообществе 2 352 подписчиков. Пики просмотров (диапазон от 530 до 1 640 просмотров) наблюдались в период с декабря по январь 2021 г., а также в октябре 2021 г.

Анализ данных активности пользователей свидетельствует о восприятии информации данных сообществ о святых источниках как наиболее важной и ценной, о стремлении транслировать данную информацию для большего количества людей.

Заключение

По данным геотегирувания 45 святых источников Ленинградской области выделено три территориальных ареала концентраций массовых посещений святых источников. Наиболее популярна среди населения Приладожская группа источников. С пандемией интерес к данным объектам существенно возрос. Геотегирувание за 2 года пандемии в 3 раза превосходит таковое за 6 лет до пандемии. С периодом режима самоизоляции населения возрастают также поисковые запросы в Интернете по природным святым источникам (родникам, ключам). По данным за 2022 г. прослеживается дальнейший постпандемийный повышенный интерес населения к святым источникам. Проанализированная информация может использоваться для имиджевого продвижения святых источников, колодцев и родников, направленного на повышение общественного интереса к ним, их паломнической и туристской привлекательности. Путешествие к природным святым источникам соединяет в себе элементы паломнического, лечебного, образовательного и культурного туризма. Ландшафтотерапия на этом поприще соединяется с духовными устремлениями, а геотуризм с древними верованиями и обрядами.

Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

Библиографический список

1. Анисимова И. Чудотворные православные источники России. М.: РИПОЛ Классик, 2008. 190 с.
2. Голубчиков Ю.Н., Судейкин М.И., Иванова Ю.А., Проскурина К.А. Анализ распределения и динамики геотегов на территории Арктики и их интерпретация в сопоставлении с российской туристической статистикой посредством извлечения информации из веб-ресурсов / сборник СРТ2019 The International Scientific Conference for Information in Physics and Technique May 13–17, 2019, TzarGrad, Moscow region, Russia. С. 376–383.
3. Григорьев А.А. Природные святыни. СПб: Образование, 1997. 122 с.
4. Гудковских М.В. Методика комплексной оценки туристско-рекреационного потенциала // Географический вестник=Geographica lbulletin. 2017. № 1(40). С. 102–116. doi: 10.17072/2079-7877-2017-1-102-116
5. Замятина Н.Ю., Пилисов А.Н. Россия, которую мы обрели: исследуя пространство на микроуровне. М.: Хронограф, 2013. 548 с.
6. Зырянов А.И., Конышев Е.В. Географические и туристические аспекты пандемии covid-19 // Географический вестник=Geographical Bulletin. 2021. № 4 (59). С. 149–160. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-149-160
7. Конышев Е.В. Региональные особенности воздействия covid-19 на туристско-рекреационное пространство России / Географический вестник=Geographical Bulletin. 2021. № 3 (58). С. 153–168. doi: 10.17072/2079-7877-2021-3-153-168
8. Орехов Д.А. Святая Русь. М.: Издательство Пальмира, 2018. 454 с.
9. Орехова Г.А., Новых Л.Л., Наумов О.Н., Васильченко А.П., Стороженко Е.А., Торохова А.В. Святые родники Белогорья как перспективные объекты религиозного туризма. 1. Современное состояние святых родников // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2016. № 25 (248), Вып. 37. С. 179–187.
10. Орехова Г.А., Новых Л.Л., Наумов О.Н., Васильченко А.П., Стороженко Е.А. Святые родники Белогорья как перспективные объекты религиозного туризма. 2. Рекреационная и культовая оценка родников // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2017. № 4 (253), Вып. 38. С. 169–178.
11. Тикунов В.С., Белозеров В.С., Антипов С.О., Супрунчук И.П. Социальные медиа как инструмент анализа посещаемости туристических объектов (на примере Ставропольского края) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 3. С. 89–95.
12. Ткачева Т.А., Супрунчук И.П. Опыт внутрорегионального анализа образов территории в дискурсе социальных медиа (на примере Северо-Кавказского Федерального округа) // Географический вестник=Geographical Bulletin. 2022. № 1 (60). С. 119–135. doi: 10.17072/2079-7877-2022-1-119-135
13. Эпова Е.И., Степанова Е.И., Литвинова М.В. Модель разработки рекомендаций для совершенствования организационно-содержательных действий по реализации условий постановки на государственный кадастровый учет объектов религиозного культа (святых источников) // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: 2-я Международная научно-техническая интернет-конференция: сборник научных трудов / под общей редакцией И.А. Басовой. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. С. 97–103.
14. Эпова Е.И., Степанова Е.И., Чубуков М.Ю. Отнесение земельных участков под объектами религиозного культа Ленинградской области к категориям земель: материалы XII международной научно-практической конференции «Nastoleni moderni vedy», г. Прага (Чехия): Publishing house «Education and Science», 2016. С. 85–90.
15. Эпова Е.И., Степанова Е.И., Чубуков М.Ю. Водоохранные зоны и прибрежные полосы объектов религиозного культа (святых источников) на примере Ленинградской области: материалы XII международной научно-практической конференции «Научный потенциал на света – 2016», г. София (Болгария). «Бял ГРАД-БГ», 2016. Т. 6. С. 43–46.
16. Dudley N., Higgins Z.L., Mansourian S. The links between protected areas, faiths, and sacred natural sites // Conservation Biology. 2009. Vol. 23, No. 3. P. 568–577.
17. Ray C. (ed.). Sacred Waters: A Cross-Cultural Compendium of Hallowed Springs and Holy Wells. Routledge / Taylor & Francis Group, 2020. 416 p.
18. URL: <https://vk.barkov.net/geo.aspx>.
19. URL: <http://www.svyato.info.ru> сайт о святых источниках России.
20. URL: <http://www.blagozdravnica.ru> сайт информационного интернет-проекта «Благоздравница».

References

1. Anisimova I. Miraculous Orthodox sources of Russia. M., RIPOL Classic, 2008. 190 p.
2. Golubchikov Yu.N., Sudeikin M.I., Ivanova Yu.A., Proskurina K.A. Analysis of the distribution and dynamics of geotags in the Arctic and their interpretation in comparison with Russian tourism statistics by extracting information from web resources // collection CPT2019 The International Scientific Conference for Information in Physics and Technique May 13–17, 2019, TzarGrad, Moscow region, Russia. pp. 376–383.
3. Grigoriev A.I.A. Sacred natural sites. St. Petersburg, Education, 1997. 122 p.
4. Gudkovskikh M.V. Methodology of complex assessment of tourist and recreational potential // Geographical Bulletin=Geographical Bulletin, (1), 2017. pp. 102–116. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2017-1-102-116>
5. Zamyatina N.Yu., Pilyasov A.N. Russia, which we have found: exploring space at the micro level. Moscow: Chronograph, 2013. 548 p.
6. Zyryanov A.I., & Konyshev E.V. Geographical and tourist aspects of the covid-19 pandemic // Geographical Bulletin=Geographical Bulletin, (459), 2021. pp. 149–160. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-4-149-160>.
7. Konyshev E.V. Regional features of the impact of covid-19 on the tourist and recreational space of Russia // Geographical Bulletin=Geographical Bulletin, (358), 2021. pp. 153–168. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-3-153-168>.
8. Orekhov D.A. Holy Russia. Palmyra Publishing House, 2018. 454 p.
9. Orekhova G.A., Novykh L.L., Naumov O.N., Vasilchenko A.P., Storozhenko E.A., Torokhova A.V. Holy springs of Belogorie as promising objects of religious tourism. 1. The current state of the holy springs // Scientific Vedomosti. Natural Sciences series. 2016. № 25 (248). Issue 37. pp. 179–187.

Рекреационная география и туризм

Голубчиков Ю.Н., Степанова Е.И.

10. Orekhova G.A., Novykh L.L., Naumov O.N., Vasilchenko A.P., Storozhenko E.A. Holy springs of Belogorye as promising objects of religious tourism. 2. Recreational and cult assessment of springs // Scientific Vedomosti. Natural Sciences series. 2017. № 4 (253). Issue 38. pp. 169–178.

11. Tikunov V.S., Belozherov V.S., Antipov S.O., Suprunchuk I.P. Social media as a tool for analyzing the attendance of tourist sites (on the example of the Stavropol Territory) // Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography. 2018. No. 3. pp. 89–95.

12. Tkacheva, T.A., & Suprunchuk, I.P. The experience of intraregional analysis of images of territory in the discourse of social media (on the example of the North Caucasus Federal District) // Geographical Bulletin=Geographical Bulletin, (1(60), 2022. pp. 119–135. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2022-1-119-135>.

13. Epova E.I. (Stepanova E.I.), Litvinova M.V. Model of developing recommendations for improving organizational and substantive actions for the implementation of the conditions for the state cadastral registration of objects of religious worship (holy sources) // Real estate cadastre and monitoring of natural resources: 2nd International Scientific and Technical Internet Conference / under the general edited by I.A.Basova: collection of scientific papers. Tula: TulSU Publishing House, 2017, pp. 97–103.

14. Epova E.I. (Stepanova E.I.), Chubukov M.Yu. Attribution of land plots under objects of religious worship of the Leningrad region to land categories // Materials of the XII International scientific and practical conference "Nastoleni moderni vedy", Prague (Czech Republic): Publishing house "Education and Science", 2016. pp. 85–90.

15. Epova E.I. (Stepanova E.I.), Chubukov M.Yu. Water protection zones and coastal strips of objects of religious worship (holy springs) on the example of the Leningrad region // Materials of the XII International Scientific and Practical conference "Scientific potential for Light – 2016", Sofia (Bulgaria): Volume 6. "Byal GRAD-BG", 2016. pp. 43–46.

16. Dudley N., Higgins Z.L., Mansourian S. The links between protected areas, faiths, and sacred natural sites // Conservation Biology, 2009, vol. 23, no. 3. Pp. 568–577.

17. Ray C. (ed.). Sacred Waters: A Cross-Cultural Compendium of Hallowed Springs and Holy Wells. Routledge/Taylor & Francis Group, 2020. 416 p.

18. <https://vk.barkov.net/geo.aspx>.

19. <http://www.svyato.info.ru> website about the holy sources of Russia.

20. <http://www.blagozdravnica.ru> website of the information Internet project "Blagozdravnitsa".

Статья поступила в редакцию: 27.05.22, одобрена после рецензирования: 18.09.23, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 27 May 2022; approved after review: 18 September 2023; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторах

Юрий Николаевич Голубчиков

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры рекреационной географии и туризма географического факультета

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1

e-mail: golubchikov@list.ru

Information about the authors

Yuri N. Golubchikov

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher, Department of Recreational Geography and Tourism, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University;

1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

Екатерина Игоревна Степанова

магистр, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет;

199034, Россия, Санкт-Петербург,

Университетская наб., 7–9

Ekaterina I. Stepanova

Master of Geography, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University;

7–9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg,

199034, Russia

e-mail: epovaekaterina@mail.ru

Вклад авторов

Голубчиков Ю.Н. – обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Степанова Е.И. – идея, сбор и обработка материала, геоинформационное картографирование, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Yuri N. Golubchikov – processing of the material; writing of the article; scientific editing of the text.

Ekaterina I. Stepanova – idea; spatial data collection and processing; geoinformation mapping; writing of the article.

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

Научная статья

УДК 338.48

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-171-182

ПЕРМСКАЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ШКОЛА В ТЕОРИИ ТУРИСТСКИХ КЛАСТЕРОВ: ИСТОРИЯ, ТРАДИЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Дмитрий Александрович Кошечев

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Пермь, Россия

dmitry.koshcheev@yandex.ru

Аннотация. В данном исследовании реализована одна из первых попыток комплексного анализа Пермской географической школы в теории туристских кластеров с целью диагностики её текущего состояния и прогноза дальнейшего развития. Это призвано усилить концептуальное осмысление школы как теоретико-методической системы и обеспечить маркетинг её идей.

В основу исследования данной школы положен авторский системно-критериальный подход, позволивший очертить её границы, описать структуру, выделить четыре этапа современного развития и привести комплексную характеристику каждого из них. Анализ текущего состояния рассматриваемой научной школы указал на её отличительные содержательные черты и кластерные новации, включая: представление о временном характере туристского кластера, идею введения в состав туристского кластера аттракций, концепцию первичности географического, кластерно-доминантный подход, метод анализа замкнутости туристских маршрутов, особую методику туристского районирования, концепцию формулы места и др. Исследование формальных параметров Пермской географической школы в теории туристских кластеров, в свою очередь, позволило охарактеризовать её как неформальную, локальную, узкопрофильную, фундаментальную систему научных взглядов, относящихся к типу «невидимый колледж». Анализ динамики развития публикационной активности рассматриваемой школы на основе «наивной модели» и сложившихся тенденций прошлых лет показал, что в среднесрочной перспективе переход школы на новый этап эволюции «научное течение» маловероятен. Однако следует ожидать, что она существенно упрочит свои академические позиции, а число её последователей, в том числе за рубежом, возрастет.

Ключевые слова: кластерная политика, туристский кластер, научная школа, Пермский край, системно-критериальный подход

Для цитирования: Кошечев Д.А. Пермская географическая школа в теории туристских кластеров: история традиции, перспективы // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 171–182. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-171-182

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-171-182

PERM GEOGRAPHIC RESEARCH SCHOOL WITHIN THE TOURISM CLUSTER THEORY: HISTORY, TRADITIONS, PROSPECTS

Dmitry A. Koshcheev

HSE University-Perm, Perm, Russia

dmitry.koshcheev@yandex.ru

Abstract. This investigation represents one of the first attempts at a comprehensive conceptual analysis of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory. It aims to examine the current state of the research school and to forecast its future development, thus contributing to the conceptualization of the school as a theoretical and methodological system and to the popularization of its ideas.

The investigation is based on the author's system-criteria approach, which was used to define the school's limits, describe its structure, and distinguish four stages of its modern development. The analysis of the school's current stage showed its key substantive aspects and cluster innovations, including: the concept of a temporary tourism cluster, the idea of attractions as part of a tourism cluster, the idea of antecedence of the geographical, the cluster-dominant approach, the circular tour route method, a special tourism zoning method, the concept of place formula, etc. The study into the formal aspects of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory showed it as an informal, local, narrow-focused, fundamental system of scholarly views referring to the 'invisible college' type.

An analysis of the school's publication activities based on the 'naive model' and on the dynamics of previous years showed its inability to reach the level of 'scientific movement' in the medium term. However, the school is sure to bolster its academic position, and the number of its followers, including international ones, is expected to increase.

Keywords: cluster policy, tourism cluster, research school, Perm region, system-criteria approach

For citation: Koshcheev, D.A. (2024). Perm geographic research school within the tourism cluster theory: history, traditions, prospects. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 171–182. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-171-182



Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

Введение

Системное развитие теории туристских кластеров требует её периодической структуризации с выделением направлений, подходов и научных школ. Такая работа позволяет наметить горизонты известного, выявить «белые пятна» и установить концептуальные рамки, определяющие интерпретацию результатов прикладных научных исследований [22].

Одной из значимых отечественных научных школ в теории туристских кластеров, идеи и академические традиции которой, на наш взгляд, не получили достаточного концептуального осмысления, стала «Пермская географическая школа в теории туристских кластеров», сформировавшаяся на базе кафедры туризма ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (далее ПГНИУ). Проведение комплексного теоретического анализа идей этой школы в историческом аспекте позволит детально описать её специфику, место в структуре кластерной теории и перспективы дальнейшего развития. Реализации этих задач посвящено настоящее исследование.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании под научной школой понимается система научных взглядов, носителем которой является локализованное научное сообщество, занимающееся производством и распространением научных знаний, обладающее устойчивой способностью к самовоспроизводству [34; 6; 18].

К отличительным признакам научной школы можно отнести: наличие «учёных-лидеров», разработавших собственные теоретико-методические основы проведения исследований в выбранной области [5; 18]; наличие программы или повестки, задающей общий вектор научной работы коллектива исследователей [23; 2]; наличие общей точки зрения на исследуемую проблему и способы её анализа [20]; наличие у школы учеников и последователей, обеспечивающих её самовоспроизводство [2] и др.

Данным признакам в полной мере соответствует Пермская географическая школа в теории туристских кластеров (далее ПГШТТК), идеи, принципы и исследовательские подходы которой в настоящий момент нашли последователей за пределами первичного научного коллектива (кафедры туризма ПГНИУ). Подобный этап развития в терминах О. Грезновой определяется как «невидимый колледж» [6]. Специфика данного этапа ставит проблему идентификации границ научной школы.

Для решения этой проблемы предлагается использовать методику, основанную на системно-критериальном подходе к теоретическому анализу [22] (рис. 1).

Из рис. 1. следует, что предлагаемый алгоритм включает три этапа.

Этап теоретического анализа связан с идентификацией и первичным исследованием теоретического пласта по выбранной проблематике. Для этого проводится предварительный анализ теории (scoping study) с разработкой двух блоков критериев отбора научных работ в выборочную совокупность теоретического анализа: формальных и содержательных.

Формальные критерии отражают внешние параметры научных работ, в том числе:

1) Тематическое соответствие – соответствие публикации теме исследования. Описывающие тему терминологические ряды представлены на рис. 2.

2) Хронологические рамки – выход публикации в рамках хронологического периода, рассматриваемого в исследовании. В данном исследовании это промежуток с 2010 (год выхода первой статьи, заложившей теоретико-методические основы школы) по 2023 г.

3) Критерий языкового дискурса – перечень языков, публикации на которых рассматриваются в исследовании (в данной работе русский и английский языки).

4) Критерий доступности фиксирует перечень используемых библиографических систем. Мы использовали elibrary.ru; Google scholar; Jstore; Science Direct; Ebsco; IEEE Xplore; Wiley online library; Sage; SpringerLink; Emerald; Taylor & Francis; East View; znanium.com; «Юрайт».

Содержательные критерии иллюстрируют значимые концептуальные элементы, которые должны быть отражены в тексте научной работы для включения её в выборочную совокупность. В данном случае к ним отнесены:

1) Терминология, методы или (и) подходы, соответствующие теоретико-методическим основам рассматриваемой научной школы. Проведённый ранее предварительный анализ теории (scoping study) показал, что такие основы были сформированы в трёх научных работах [14; 15; 12].

2) Выводы по итогам исследования, позволяющие разграничить основную линию научной школы и авторский вклад в её развитие.

3) Список используемой литературы.

4) Критерий качества очерчивает блок публикаций, выводы и исследовательские методы которых научное сообщество рассматривает как релевантные. В данном исследовании для русскоязычных статей в журналах – это требование индексации в ВАК; для русскоязычных статей в сборниках и монографиях – рецензируемый характер издания; для зарубежных изданий – индексация в WOSi (или) Scopus.

Рекреационная география и туризм
Коцеев Д.А.

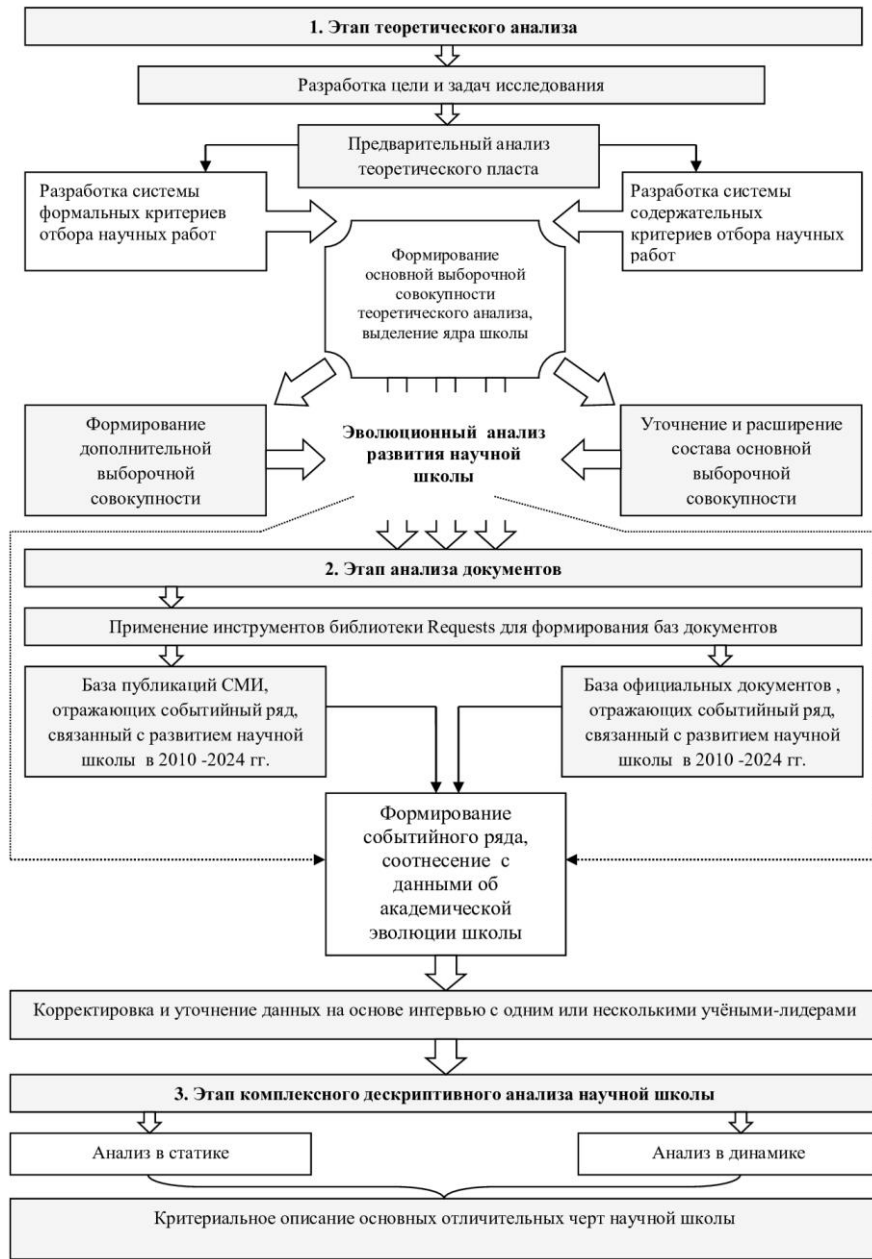


Рис. 1. Алгоритм методики исследования
Fig. 1. Investigation method algorithm

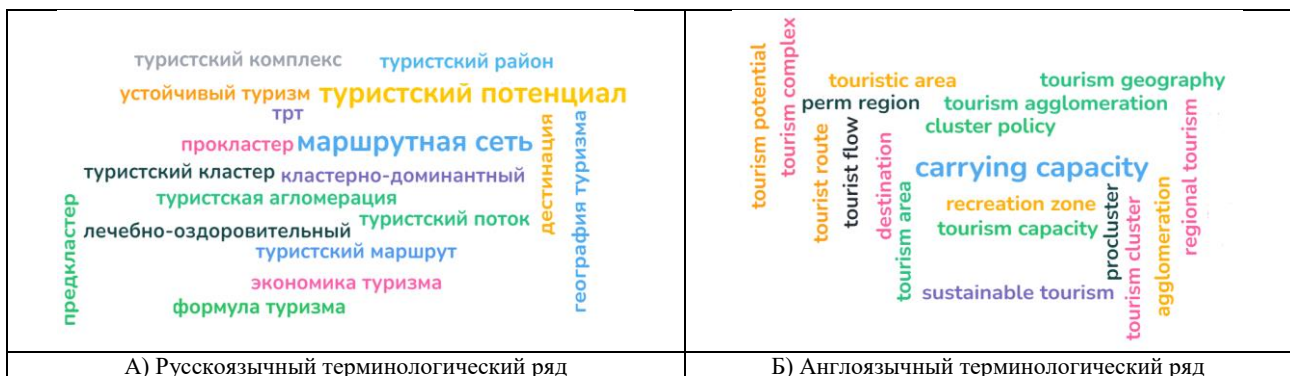


Рис. 2. Терминологические ряды, определяющие область теоретического анализа исследования
Fig. 2. Term ranges that determine the theoretical analysis area

Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

С целью выделения релевантного теоретического пласта, соответствующего научной школе, первоначально в область поиска используемых библиографических систем вводятся терминологические ряды (рис. 2) и устанавливаются формальные критерии. Для автоматизации поиска применяется инструментарий библиотеки Requests в среде Google Colaboratory. Промежуточная выборка, полученная таким образом, исследуется с использованием программы AntConc на предмет соответствия системе содержательных критериев. По итогам этого шага объём промежуточной выборки теоретического анализа составил 315 публикаций. Содержательный анализ данной совокупности показал, что включённые в неё работы в контексте научной школы формируют ядро и три яруса (рис. 3).

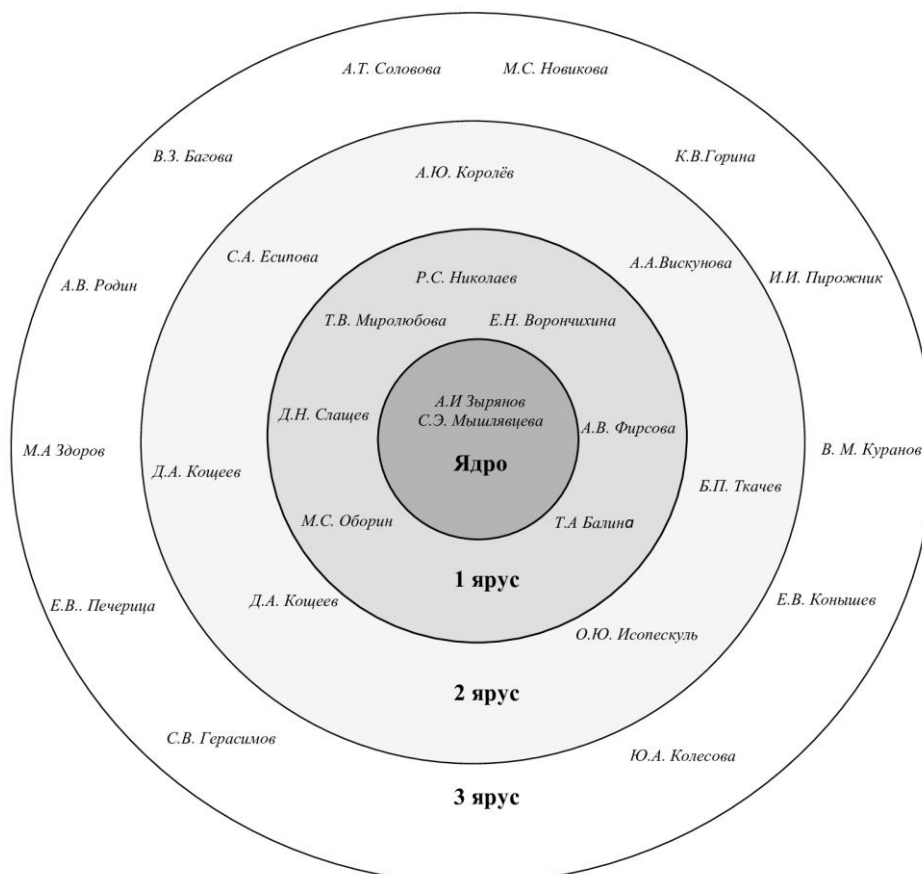


Рис. 3. Структура Пермской географической школы в теории туристских кластеров
Fig. 3. The structure of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory

На рисунке 3 к ядру отнесены работы основателей ПГШТТК – А.И. Зырянова и С.Э. Мышлянцева (учёные-лидеры) – и прежде всего публикации, заложившие её теоретико-методические основы [14; 15; 12].

Первый ярус представлен публикациями исследователей, транслирующих основные теоретико-методические положения ядра научной школы в неизменном виде, добавляя к ним отдельные авторские надстройки. Научная школа, взятая в границах ядра и первого яруса, соответствует типу «научная группировка» [6].

Второй ярус объединяет исследования, в которых указанные положения подвергаются существенной переработке с сохранением наиболее значимых элементов. Научная школа, взятая в границах 1 и 2 ярусов, близка к типу «невидимый колледж».

Третий ярус включает работы, заимствующие отдельные инструменты и теоретические разработки научной школы для построения собственных теоретико-методических конструктов, концептуально не связанных с идеями ядра. Исходя из этого, границы ПГШТТК целесообразно провести по второму ярусу. В таком случае итоговый объём основной выборочной совокупности теоретического анализа составит 197 публикаций. Необходимо отметить, что рис. 3. ориентирован прежде всего на отражение структуры научной школы и не исчерпывает всех её представителей. Основная его функция – демонстрация ярусов и проведение границ ПГШТТК.

Для более детального анализа идей школы необходимо также рассмотреть теоретико-методические предпосылки её формирования, представленные в публикациях, вышедших до 2010 г. Для этого на основе классических методов «вертикальный пробор» и «горизонтальный пробор» [22] была сформирована дополнительная выборка в объёме 119 публикаций, охватившая хронологический промежуток с 1980 по 2009 г.

*Рекреационная география и туризм**Коцеев Д.А.*

Заключительный шаг первого этапа предполагает эволюционный анализ развития рассматриваемой научной школы и её предпосылок на базе двух выборок (основной и дополнительной). Итогом анализа становится лента времени, характеризующая процесс академического становления школы.

Этап анализа документов включает работу с материалами, отражающими историко-ситуационный контекст развития рассматриваемой школы и её предпосылок (1980–2023 гг.). Поскольку, как показал теоретический анализ, большинство последователей школы были прямо связаны с Пермским краем, основной акцент необходимо сделать на его региональный контекст, в частности краевую политику по развитию туризма и региональную кластерную политику.

Исходя из этих соображений, для проведения дальнейшего исследования с использованием инструментов библиотеки Requests в среде Google Colaboratory были сформированы две выборки соответствующих материалов: 1) публикации региональных СМИ по туристской и кластерной проблематике за 1980–2023 гг. (745 единиц); 2) официальные документы, связанные с развитием туризма на территории современного Пермского края (1980–2023 гг.) и реализацией региональной кластерной политики в туризме (2012–2023 гг.) (57 единиц).

Две представленные выборки подвергаются совместному анализу, на основе чего формируется событийный ряд, который соотносится с разработанной ранее лентой времени, позволяя наметить этапы становления научной школы и интерпретировать динамику её публикационной активности.

Для уточнения собранных данных используется интервью с учёными-лидерами научной школы (в данном исследовании с А.И. Зыряновым).

Этап комплексного дескриптивного анализа научной школы предполагает совместную проработку всех собранных материалов с выделением её уникальных черт в статичном состоянии и динамике развития.

Предпосылки развития научной школы

Как показал наш анализ, развитие системы прямых предпосылок ПГШТТК было тесно связано с исследованиями Географического факультета ПГНИУ в 1980–2009 гг. В эволюции этих предпосылок можно выделить три этапа.

Этап формирования теоретико-методического базиса (1980–1991 гг.) охватывает начальный период изучения туристских территорий в системе пространственной организации общества в 1980-х гг. [16; 17]. В 1960–1980-х гг. тема туристского районирования была слабо освещена в отечественной географии, вследствие чего требовалась системная работа по формированию теоретико-методических основ данного направления исследований. Это и стало основным содержанием рассматриваемого этапа [16; 17].

Этап оценки новых условий развития туризма (1992–2003 гг.) связан с переходом страны к рыночной модели экономики, определившим коммерциализацию туристской индустрии, обернувшуюся кризисом в развитии внутреннего и въездного туризма.

В новых условиях получили активное развитие вопросы туристского районирования на основе рекреационных ресурсов территорий, а также проблемы развития туризма локального и регионального характера [1, 26].

Этап концептуальной проработки системы туристского районирования (2004–2009 гг.). Охватывает период от создания кафедры туризма ПГНИУ (2004 г.), давшего новый импульс изучению проблемы туристского районирования, до публикации исследователями этой кафедры первой статьи по кластерной теории, заложившей теоретико-методический базис новой школы (2010 г.).

В 2004 г. вышла книга «Пермский край. Фотопутешествие», где А.И. Зыряновым впервые приведено туристское районирование Пермского края, ставшее прообразом системы региональных туристских кластеров. В дальнейших исследованиях такие туристские районы, обладающие ярко выраженной полнотью описывались категориями: туристская зона [9], плечо [37], куст [37, 11], туристский район, туристская территория [9, 8, 35] и др. Сложившаяся терминологическая разобщённость требовала введения зонтичной категории, появление которой предвосхитило два фактора. Во-первых, усиление в работах кафедры туризма экономической составляющей [8]. Во-вторых, включение специалистов кафедры в экспертную группу по разработке стратегии развития туризма в Пермском крае. В административной практике того периода широкое распространение получил кластерный подход, который мог быть интегрирован в разработанную ранее систему туристских районов (в роли протокластеров).

Эволюция научной школы

Как было указано выше, полноценное концептуальное оформление ПГШТТК началось в 2010 г., когда была опубликована статья А.И. Зырянова и С.Э. Мышлявцевой «Туристские кластеры Пермского края» [15]. В этой статье исследователи органично соединили имевшиеся наработки кафедры туризма ПГНИУ в сфере туристского районирования (восходящие по своему генезису к отечественным экономико-географическим теориям: теории территориально-производственного комплекса Н.Н. Колосовского, дробного социально-экономического районирования М.Д. Шарыгина) с классической концепцией туристского кластера М. Monfort [38]. Такое решение определило уникальность и своеобразие теоретико-методического аппарата формирующейся научной школы.

Представленная статья А.И. Зырянова и С.Э. Мышлявцевой положила начало целой серии тематических публикаций (рис. 4).

Рекреационная география и туризм

Кощеев Д.А.

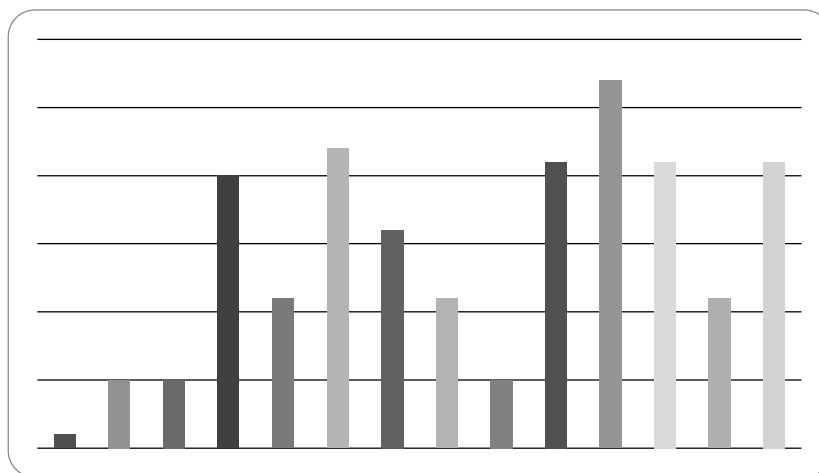


Рис. 4. Динамика публикационной активности Пермской Географической школы в кластерной теории в 2010–2023 гг.
Fig. 4. Publication activities of the Perm geographic research school within the cluster theory in 2010–2023

Из рисунка 4 следует, что динамика публикационной активности ПГШГТК носила волнообразный характер. Соотнесение этой динамики с содержанием научных работ и событийным рядом, отражающим региональный контекст, позволяет выделить и описать отдельные периоды развития указанной научной школы. Рассмотрим их подробнее.

Период становления научной школы (2010–2014 гг.) связан с разработкой её теоретико-методических основ и последующей их валидации в академической среде, а также в региональном администрировании. В этот период вышли три взаимосвязанные работы, в которых последовательно выстраивались теоретико-аксиоматическая плоскость, методический инструментарий и система научных принципов, составившие концептуальный базис ПГШГТК [14; 15; 12]. В 2012 г. проект системы региональных туристских кластеров, разработанный А.И. Зыряновым и С.Э. Мышлявцевой, на основе идей этой научной школы [15] был включен в состав программы «Развитие туризма в Пермском крае на 2013–2017 годы». Последнее фактически означает признание разработок школы на уровне регионального администрирования. Это событие стало одним из триггеров, определивших резкий рост её публикационной активности в 2013 г.

В 2014 году рост сменился спадом. Подобная динамика соотносится с кризисом кластерной политики в туристском секторе региона. Суть этого кризиса была отражена в поправках к программе «Развитие туризма в Пермском крае на 2013–2017 годы», где отмечалось, что в границах выделенных районов-туристских протокластеров не удалось развить процессы комплексобразования. Во многом из-за позиции местных властей.

С целью оживления программы был предложен инвестиционный проект «Пермь Великая», использовавший систему протокластеров из предыдущей программы. Однако к кардинальному улучшению ситуации это не привело [3; 30].

Период развития школы в условиях кризиса региональной кластерной политики в туризме (2015–2017 гг.) связан с отставанием её теоретико-методических разработок как в академическом измерении, так и в практике регионального администрирования. Начало периода связано с глубокой переработкой проекта «Пермь Великая» командой губернатора В.Ф. Басаргина, предложившей концепцию четырёх региональных туристских кластеров, границы и центры которых задавались директивно [4]. Появление данной концепции стимулировало рост числа работ, публикуемых представителями ПГШГТК, которые анализировали обновлённый проект с позиции своих теоретико-методических воззрений [10; 25; 19].

С 2016 г. интерес к новому проекту начал постепенно снижаться, определяя сонаправленную динамику публикационной активности научной школы по кластерной проблематике. В 2017 году проект «Пермь Великая» лишился федерального финансирования [7]. Это усилило падение числа релевантных публикаций, но стимулировало интерес к разработке альтернативных систем региональных туристских кластеров для Пермского края [28; 36].

Период поиска новых ориентиров (2018–2023 гг.) характеризуется существенным расширением спектра тем, прорабатываемых в границах ПГШГТК. Предпосылки перехода к данному периоду возникли в конце 2017 г., когда была представлена новая редакция проекта «Пермь Великая», опирающаяся на классическую систему протокластеров А.И. Зырянова и С.Э. Мышлявцевой. Во второй половине 2018 г. проект был одобрен губернатором М.Г. Решетниковым, инициировавшим создание комфортной туристской инфраструктуры в муниципалитетах [31].

Всё это стимулировало рост публикационной активности рассматриваемой научной школы в 2018–2020 гг. с достижением локального максимума в 2020 г. (рис. 4). В 2021 году наметился закономерный компенсационный спад [22] с возвращением к уровню 2019 г. В 2022 году произошёл ещё один локальный спад, нивелированный ростом числа кластерных публикаций в 2023 г.

Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

Ещё одним значимым событием 2023 г. стало принятие «Стратегии развития туризма в Пермском крае на период до 2035 года», в основу которой была заложена классическая система А.И. Зырянова и С.Э. Мышлявцевой с незначительными корректировками.

Анализ тематического содержания публикаций ПГШТТК за 2018–2023 гг. в целом подтверждает обоснованность названия периода: исследователи проводили анализ сетевой природы туристского кластера [29], занимались поиском новых методов туристского районирования и идентификации туристских кластеров [24; 33], выполняли оценку функционирования туристских кластеров в период эпидемического и санкционного кризисов [21] и перспектив отдельных туристских кластеров (протокластеров) в новых условиях [27; 32].

Основные характеристики Пермской географической школы в кластерной теории на современном этапе развития

Для описания современного состояния научной школы целесообразно использовать две группы параметров: содержательные (относящиеся к учению научной школы) и формальные (относящиеся к организационной форме её существования). Первоначально обратимся к содержательным параметрам (табл. 1).

Таблица 1

Основные содержательные параметры Пермской географической школы в теории туристских кластеров
Key substantive parameters of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory

Характеристическая черта	Содержание
Интерпретация понятия «туристский кластер»	Временное взаимодействие предприятий, пространственно соподчиненных и конкурирующих на одном рынке
Сущность туристского протокластера	Отождествляется с туристским районом (туристско-рекреационной территорией)
Элементы туристского кластера	Организации и аттракции
Связующая основа и связующие элементы кластера	Территория туристского района, маршрутная сеть, турпоток, доминанта
Пространственная структура туристского кластера	Имеет чётко выраженное ядро (включающее доминанту), а также периферию
Генезис туристского кластера (процесс возникновения кластера)	Кластер возникает, когда на территории туристского района формируется доминанта, структурирующая его пространство под себя и формирующая туристский поток. Появление устойчивого туристского потока стимулирует кооперацию профильных бизнес-единиц и комплексобразование
Характер генезиса	Естественный или смешанный
Уровни туристских кластеров	Макроуровень – уровень федеральных программ. Мезоуровень – региональный и межрегиональный. Микроуровень – локальный
Некоторые важные аксиомы школы	1) Первичность географического (экономическое следует за географическим) 2) В туризм может быть вовлечена вся территория региона 3) Отличие туристского кластера от других типов территориально-экономических систем в маршрутной территориальной организации
Методические средства идентификации и исследования кластеров	Кластерно-доминантный метод (подход); туристское районирование, метод идентификации туристских доминант территории, анализ замкнутости туристских маршрутов

Из табл. 1 следует, что в рамках рассматриваемой научной школы утвердилось нетипичное для современной кластерной теории представление о временном характере туристского кластера. Причём в исследованиях первого яруса данная интерпретация часто транслируется без изменений, а в работах второго и последующих – сильно перерабатывается. Характерной чертой данной школы также является введение в состав основных элементов кластера аттракций, что отсылает нас к воззрениям основателей современной теории туристских кластеров М. Monfort и А.В. Rodrigues [38; 39].

Система связующих элементов (обеспечивающих частные связи между основными элементами) и связующая основа (объединяющая кластер в единый конструкт) в исследованиях ПГШТТК, как правило, не разводятся. Более того, методы работы с ними свидетельствуют о восприятии материальной составляющей туристского кластера не только как группы организаций и аттракций, но и территории, близкой к понятию «туристская дестинация».

На это же указывает особый взгляд на природу туристского протокластера, который отождествляется с туристским районом (туристско-рекреационной территорией).

Превращение туристского протокластера в полноценный кластер парадигма ПГШТТК связывает с появлением доминанты в туристском районе, что определяет активизацию взаимодействия конкурирующих организаций и рост процессов комплексобразования, следствием которого становится формирование узловой структуры социально-экономического ландшафта территории [12]. Однако если доминанта теряет своё значение, возможен обратный процесс, при котором организации туристского сектора территории становятся самодостаточными, а ландшафт приобретает гомогенный характер [12]. В итоге кластер, пройдя основные этапы жизненного цикла, перестаёт существовать. В этом проявляется его временный характер.

Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

Теоретический анализ показал, что в основе учения ПГШТТК лежат три аксиомы (табл. 1), причём наибольшее значение имеет «первичность географического». Суть этой аксиомы сводится к тому, что туристский кластер возникает на основе сформировавшегося туристско-рекреационного района. Иными словами, экономическая составляющая в туристском кластере следует за географической и во многом определяется ею.

Вместе с тем, помимо естественного пути возникновения кластера, исследователи ПГШТТК рассматривают также смешанный вариант, предполагающий коллаборацию бизнеса и власти. Достижение успеха в этом случае определяется способностью заинтересованных лиц разгадать «формулу места» [13] и раскрыть тем самым истинный потенциал территории.

Сложившиеся в рамках научной школы аксиомы определяют специфику её научного инструментария. При этом наибольший интерес представляет кластерно-доминантный подход, использующий для выделения туристских кластеров следующие шаги.

- 1) Определение основных конкурентных туристских преимуществ и возможностей региона.
- 2) Туристское районирование региона с учётом идентифицированных преимуществ.
- 3) Исследование структуры и зонирование выделенных туристских районов–протокластеров.
- 4) Определение доминанты каждого протокластера.
- 5) Проектирование будущего туристского кластера [14].

Формальные параметры Пермской географической школы в теории туристских кластеров отражены в табл. 2.

Таблица 2

Формальные черты Пермской географической школы в Туризме
Key formal features of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory

Черта	Характеристика
Академическое оформление	2010–2013 гг.
Сторонне признание	2012 г. (со стороны региональных властей)
Ведущие исследователи (исследователи-лидеры)	А.И. Зырянов, С.Э. Мышлянцева (основатели школы)
Регулярные научные мероприятия (связанные с кластерной проблематикой)	Конференция «Туризм в глубине России»; выпуск ежегодного сборника научных трудов «География и туризм»
Вид связей между членами научной школы	Невидимый колледж (при условии, что рассматриваются ядро, 1 и 2 ярусы)
Статус новой идеи	Теоретическая
Широта исследуемой предметной области	Школа узкого профиля
Функциональное назначение продуцируемых знаний	Фундаментальная
Форма организации деятельности учеников	Коллективные формы организации НИР
Характер связей между поколениями	Многоуровневый
По степени формализации	Неформальная
По уровню локализации	Локальная (региональная)
Основной вклад в развитие теории туристских кластеров	Кластерно-доминантный подход, система методов идентификации и анализа туристских кластеров, концепция формулы места, принцип маршрутности туристских кластеров, концепция протокластера как туристского района и др.
Наиболее значимые проекты, связанные с туристскими кластерами	Разработка системы туристских кластеров для программы «Развитие туризма в Пермском крае на 2013–2017 годы», проекта «Пермь Великая» (редакциях 2014 и 2015 гг.), «Стратегии развития туризма в Пермском крае на период до 2035 года»

В табл. 2 определённого пояснения требует параметр «уровень локализации». В терминах О. Грезновой категория «локальная» [6] отождествляется с научной школой регионального уровня. Определение ПГШТТК как «локальной» (региональной) вытекает из двух наблюдений. Во-первых, большинство её последователей аффилированы с Пермским краем или соседними с ним регионами (рис. 5).

Рекреационная география и туризм

Кощеев Д.А.



Рис. 5. Структура ядра, 1 и 2 ярусов Пермской географической школы в кластерной теории на конец 2003 г. по региональной аффилиации в процентах

Fig. 5. The region-based structure of the core, 1st and 2nd layers of the Perm geographic research school within the tourism cluster theory as of the end of 2003, in percent

Во-вторых, как показал теоретический анализ, динамика развития рассматриваемой научной школы и её публикационная активность тесно связаны с развитием кластерной политики в туристском секторе Пермского края.

Далее представим краткую оценку перспектив развития ПГШТТК в будущем. Анализ структуры региональной аффилиации в динамике показывает, что с каждым новым периодом развития ПГШТТК число исследователей из регионов, географически отдалённых от Пермского края, росло. Следует ожидать, что в будущем данная тенденция сохранится. Однако, исходя из её низких темпов, в среднесрочной перспективе переход рассматриваемой научной школы на следующий этап эволюции – «научное течение» – маловероятен. Вероятнее всего, ПГШТТК продолжит развиваться как «невидимый колледж», при этом её позиции укрепятся.

Собранные данные (рис. 4) позволяют построить прогноз развития публикационной активности этой научной школы лишь на основе «наивной» модели. В соответствии с ней в 2024–2025 гг. число публикаций, связанных с ПГШТТК, незначительно возрастёт. Это подтверждает выявленная ранее закономерность, когда за утверждением новой системы региональных туристских кластеров с лагом в год следовал рост публикационной активности научной школы. Очевидно, что принятие «Стратегии развития туризма в Пермском крае на период до 2035 года» вызовет такой же эффект.

Заключение

Таким образом, в данной работе реализовано комплексное исследование Пермской географической школы в теории туристских кластеров. Были определены её границы, идентифицирована структура, а также хронологические рамки существования.

С использованием методов вертикального и горизонтального проборов обозначен комплекс предпосылок рассматриваемой научной школы, описано три этапа их развития.

В основной части теоретического анализа произведена структуризация эволюции ПГШТТК с выделением трёх основных периодов. Анализ современного состояния данной школы позволил отнести её к типу «невидимый колледж» локального (регионального) характера, обладающему развитым теоретико-методическим аппаратом. Круг её последователей на сегодняшний день в основном объединяет учёных из Пермского края и соседних с

Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

ним регионов, в связи с чем на их профильную публикационную активность сильное влияние оказывает динамика пермской региональной кластерной политики в туризме.

Оценка перспектив дальнейшего развития ПГШТТК показала, что в среднесрочной перспективе она, вероятнее всего, не сможет перейти на следующий этап эволюции (от «невидимого колледжа» к «научному течению»), однако будет стремиться укрепить свои позиции. Прогноз её публикационной активности позволяет ожидать, что в 2024–2025 гг. число ежегодно выходящих профильных работ несколько возрастёт. Представляется, что такая динамика окажет позитивное влияние на развитие интереса к проблематике туристских кластеров на региональном уровне.

Дальнейшее развитие исследований по теме данной статьи возможно в двух направлениях. Первое связано с трансформацией авторской методики исследования научных школ. Оно предполагает совершенствование системы параметров (формальных и содержательных), используемых для описания подобных структур, а также разработку программных решений для автоматизации ряда процедур, связанных с анализом научных школ. Второе направление восходит к пролонгации исследования ПГШТТК. Его перспективы, на наш взгляд, лежат в области исследования академического окружения ПГШТТК на региональном, федеральном и международном уровнях с выделением концептуальных связей и конкретных примеров взаимовлияния.

Библиографический список

1. Аксеновский С.А. Проблемы становления индустрии туризма в Прикамье // Научные достижения студентов на рубеже веков: материалы науч.-практ. конф. Пермь, 2001. С. 78–80.
2. Арпентьева М.Р. Особенности научного творчества в контексте развития научных школ // Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л.Н. Толстого. 2015. № 3 (15). С. 25–34.
3. Васильева М.В., Дудецкий Д.Ю. Проблемы и приоритетные направления развития туристской дестинации в Пермском крае // Вопросы современной экономики. 2014. № 1. С. 119–135.
4. Виктор Басаргин решил создать в Прикамье четыре туристических кластера. URL: <https://www.newsru.ru/news/nk-2238959.html> (дата обращения: 15.02.2024)
5. Владимиров А.И. О научных и научно-педагогических школах. М.: ООО «Издательский дом Недра», 2013. 61 с.
6. Грезнева О.Ю. Научные школы: принципы классификации // Высшее образование в России. 2004. № 5. С. 42–48.
7. Затянули кластеры. URL: <https://www.business-class.ru/news/2017/04/21/zatyanuli-klastery?ysclid=lsmtwfg388302028605> (дата обращения: 15.02.2024)
8. Зырянов А.И., Мышлянцева С.Э., Резвых В.В. Зонирование территории для инвестиций в туристскую отрасль (на примере Пермского края) // Географический вестник. 2009. № 1 (9). С. 88–93.
9. Зырянов А.И. Концептуальные подходы к развитию туризма в Пермской области. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2004. 51 с.
10. Зырянов А.И. Новые подходы к туристскому развитию региона в проекте «Пермь Великая» // География и регион: материалы междунар. науч.-практ. конф. (23–25 сентября 2015 г.): в 6 т. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2015. Т. 6. С. 86–90.
11. Зырянов А.И. Организация туризма в Пермском крае // География и природные ресурсы. 2008. № 2. С. 129–136.
12. Зырянов А.И. Теоретические аспекты географии туризма. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. 158 с.
13. Зырянов А.И. Формула места // Региональные исследования. 2013. № 2. С. 20–24.
14. Зырянов А.И., Мышлянцева С.Э. Туристские кластеры и доминанты (на примере Пермского края) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 2. С. 13–20.
15. Зырянов А.И., Мышлянцева С.Э. Туристские кластеры Пермского края // Туризм в глубине России: сборник трудов международного научного семинара, Пермь, 19–25 июля 2010 года. Пермь, 2010. С. 3–10.
16. Зырянов А.И. О месте туристских территорий в территориальных социально-экономических мезосистемах Урала // Человек и среда: тезисы докладов молодых ученых и специалистов. Пермь, 1981. С. 27–29.
17. Зырянов А.И., Шарко М.А. Подходы к исследованию туристских и рекреационных систем Пермской области: труды конференции молодых ученых географического факультета ПГУ. Пермь, 1981. С. 20–28. Деп. ВИНТИ, № 5116-81.
18. Кванина В.В. Понятие и признаки научной школы // Вестник университета имени О.Е. Кутафина. 2016. № 11 (27). С. 37–42.
19. Киряева Е.К., Гуменюк Н.А. Развитие регионального туризма в пермском крае в рамках концепции «Пермь Великая» // Физическая культура, спорт, туризм: научно-методическое сопровождение: сб. материалов молодых ученых и студентов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 2016. С. 105–108.
20. Козлова Л.А. «Научная школа» в научной политике и социальном исследовании // Вестник института социологии. 2014. № 2. С. 13–20.
21. Коцеев Д.А., Исопескуль О.Ю. Функционирование туристских протокластеров Пермского края в условиях пандемии и санкционного давления // Географический вестник=Geographical bulletin. 2022. №4 (63). С. 115–134. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-115-134
22. Коцеев Д.А., Исопескуль О.Ю. Концептуально-теоретический анализ: история, подходы, методики: монография. М.: ИНФРА-М, 2024. 450 с.
23. Лазар М.Г. Социология и этика науки в России: прошлое и настоящее. СПб: РГГМУ, 2012. 262 с.
24. Мирюлова Т.В., Оборин М.С. Формирование регионального туристического кластера с лечебно-оздоровительным компонентом как фактор развития региональной экономики // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2019. № 1 (53). С. 14–23.
25. Мышлянцева С.Э. «Пермь Великая»: путь от концепции к реализации инвестиционного проекта // Туризм и региональное развитие: сб. науч. ст. Смоленск, 2015. С. 100–109.

Рекреационная география и туризм

Коцеев Д.А.

26. Мышлявцева С.Э., Соболева Е.Б. Некоторые аспекты организации туристской деятельности (на примере р. Вишеры) // Экология: проблемы и пути решения: тез. докл. 6-й межвуз. конф. студ. и асп. Пермь, 1998. С. 112–113.
27. Мышлявцева С.Э. Пространственное развитие туризма в Пермском крае: стратегические приоритеты (на примере туристско-рекреационной территории Соль камская) // Культурно-историческое наследие как фактор устойчивого развития территории: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Соликамск, 2023. С. 40–45.
28. Оборин М.С. Особенности проведения курортно-рекреационного районирования Пермского края // География и туризм. 2015. № 14. С. 136–146.
29. Оборин М.С. Сетевое взаимодействие как инструмент эффективного управления экономической стабильностью регионального рынка историко-культурного туризма // Государственное управление. Электронный вестник. 2019. № 76. С. 74–91.
30. Огнева С.В., Кузьмина Н.В. Проблемы и перспективы развития туризма в промышленном регионе (на примере Пермского края) // Сервис в России и за рубежом. 2015. № 3 (9). С. 51–62.
31. Пермский край вошел в «Золотую двадцатку» Национального туристического рейтинга 2018. URL: <https://permkrai.ru/news/permskiy-kray-voshel-v-zolotuyu-dvadsatku-natsionalnogo-turisticheskogo-reytinga-2018/> (дата обращения: 15.02.2024)
32. Середина Е.В. Проблема формирования туристских кластеров в российской федерации на примере Кунгурского района Пермского края // Национальная ассоциация ученых. 2020. № 56. С. 10–12.
33. Ткачев Б.П., Есипова С.А. Обзор подходов к туристскому районированию Пермского края // Научное обозрение. Экономические науки. 2020. № 1. С. 37–41.
34. Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Петров А.Г., Казанкин Р.В., Дмитриева М.Б. Научная школа как структурная единица научной деятельности. М.: ЦЭМИ РАН, 2011. 73 с. Препринт #WP/2011/288.
35. Худеньких Ю.А. Туризм в Пермском крае: территориальная организация и региональное развитие: дис. ... канд. геогр. Наук. Пермь, 2006. 234 с.
36. Ширинкин П.С., Лисенкова А.А., Мельникова А.Ю. Культурный туризм в Пермском крае: анализ потенциала и перспективы развития. Пермь: ООО Перм. гос. ин-т кул, 2017. 192 с.
37. Ширинкин П.С. Региональный туризм в Пермском крае: проблемы, направления и перспективы // География и туризм: сб. науч. тр. Пермь, 2006. С. 233–244.
38. Monfort M. Competitividad y factores críticos de éxito en la «hotelería de litoral»: experiencia de los destinos turísticos Benidorm y Peñíscola: Doctoral Dissertation. Universidad de València, Espanha, 2000. URL: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/competitividad-y-factores-criticos-de-exitoen-los-destinos-turisticos-mediterraneos-benidorm-y-peniscola-0> (дата обращения: 15.02.2024)
39. Rodrigues A.B. Turismo rural: praticas e perspectivas. Sao Paulo, 2003. 185 p.

References

- Aksenovskij, S.A. (2001), "Problems of tourism industry development in Perm region", *Nauchnye dostizheniya studentov na rubezhe vekov [Science achievements on the turn of the century]*, *Proc. of Scientific and Practical Conference*, Perm, Russia, pp. 78–80.
- Arpenteva, M.R. (2015), "Features of scientific creativity in the context of the development of scientific schools", *Humanitarian guidelines tpsu named after L.N. Tolstoy.*, no. 3, pp. 25–34.
- Vasileva, M.B., Dudetsky D.JU (2014), "Problems and priorities of tourism destination development in Perm region", *Topical issues of the modern economy*, no. 1, pp. 119–135.
- Viktor Basargin decided to create four tourism clusters in Prikamie", *Novi Kompanion* [Online], available at: <https://www.newsko.ru/news/nk-2238959.html> (Accessed 15 February of 2024)
- Vladimirov, A.I. (2013), *O nauchnyh i nauchno-pedagogicheskikh shkolah* [On scientific scholar schools and scientific and pedagogical scholar schools, Edition house Nedra, Moscow, Russia.
- Grezneva, O. (2004) "Scientific scholar schools: principles of classification", *Higher education in Russia*, no.5, pp. 42–48.
- Catched by clusters, Business-class [Online], available at: <https://www.business-class.su/news/2017/04/21/zatyanuliklastery?ysclid=lsmtwfq388302028605> (Accessed 15 February of 2024)
- Zyrianov, A.I., Myshlyavtseva S.E., Rezvuh V.V. (2009), Territory zone deviation for the tourist branch investments (Perm region as an example), *Geographical bulletin*, No.1(9), Pp.88–93.
- Zyrianov, A.I. (2004), *Konceptual'nye podhody k razvitiyu turizma v Permskoj oblasti* [Conceptual approaches to tourism development in Perm region], Perm State University, Perm, Russia.
- Zyrianov, A.I. (2015), New approaches to tourism development of the region in the "great perm" project, *Geografiya i region [Geography and the region]*, *Proc. of International Scientific and Practical Conference*, Perm, Russia, pp. 86–90.
- Zyrianov, A.I. (2008) Organization of tourism in Perm krai, *Geographical bulletin*, No.2, Pp.129–136.
- Zyrianov, A.I. (2013) *Teoreticheskie aspekty geografii turizma* [Theoretical aspects of tourism geography], Perm State University, Perm, Russia.
- Zyrianov, A.I. (2013) Location formula, *Region studies*, No.2, Pp.20–24.
- Zyrianov, A.I., Myshlyavtseva S.E (2012) Tourism clusters and dominants (evidence from Perm krai), *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, No.2, Pp.13–20.
- Zyrianov, A.I., Myshlyavtseva S.E. (2010), Tourism clusters of Perm region, *Turizm v glubine Rossii [Tourism and recreation]*, *Proc. International Scientific seminar*, Perm, Russia, Pp. 3–10.
- Zyrianov, A.I. (1983), On the place of tourism territories in social and economic mesosystems of the Urals, *Chelovek i sreda [A man of labor]*, *Proc. of young scientists and specialists*, Perm, Russia, Pp. 27–29.
- Zyrianov, A.I., Sharko M.A. (1981), Approaches to investigation of Perm region tourism and recreation systems, *Trudy konferencii molodyh uchenykh geograficheskogo fakul'teta PGU [Papers of PGU geography department young scientists]*, *Proc.*, Perm, Russia, Pp. 20–28.

Рекреационная география и туризм

Кошечев Д.А.

18. Kvanina, V.V. (2016), Concepts and features of scholar school. *Courier of Kutafin Moscow State Law University*, No. 11(27), Pp. 37–42.
19. Kirayeva, E.K., Gumenyuk N.A. (2016) Perm krai tourism development within the concept the Great Perm, *Fizicheskaya kul'tura, sport, turizm: nauchno-metodicheskoe soprovozhdenie, [Physical culture, sport, tourism, since and methodological supplement]*, Proc. of Scientific and Practical Conference, Perm, Russia, Pp. 105–108.
20. Kozlova, L.A. (2014), “Scientific in science policy and social investigation”, *Bulletin of the Institute of Sociology.*, No. 2, pp. 13–20.
21. Koshcheev, D.A., Isopeskul O.U. (2022), Tourism protoclusters activity in perm krai against the background of the pandemic and sanctions pressure, *Geographical bulletin*, No. 4(63), Pp. 115–134.
22. Koshcheev, D.A., Isopeskul O.U. (2024), *Konceptual'no-teoreticheskij analiz: istoriya, podhody, metodiki* [Conceptual and theoretical analysis: history, approaches and methods] Infra-M, Moscow, Russia.
23. Lazar M.G. (2012), *Sociologiya i etika nauki v Rossii: proshloe i nastoyashchee* [Science sociology and ethics in Russia: it's present and past] RGGMU, St Petersburg, Russia.
24. Mirolubova T.V., Oborin M.S. (2019), “Creating regional tourism cluster with therapeutic component as a factor of region economics development”, *Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. Series: Social Sciences*, No. 1(53), Pp. 14–23.
25. Myshlyavtseva S.E. (2015), The "great perm": way from concept to implement investment projects, *Turizm v glubine Rossii [Tourism and recreation]*, Proc., Smolensk, Russia, pp. 100–109.
26. Myshlyavtseva S.E., Soboleva E.B. (1998), Some aspects of tourism organization (evidence the Vishera), *Ekologiya: problemy i puti resheniya [Ecology: problems and solutions]*, Proc. Of the 6th interuniversity conference of students and aspirants, Perm, Russia, Pp. 112–113.
27. Myshlyavtseva S.E. (2023), Spatial development of tourism in Perm region: strategical priorities (evidence from tourism recreational territory Sol Kamskaya), *Kul'turno-istoricheskoe nasledie kak faktor ustojchivogo razvitiya territorii [Culture and historical heritage as a factor of a territory sustainable development]*, Proc. of Russian-wide Scientific and Practical Conference, Solicamsk, Russia, Pp. 40–45.
28. Oborin, M.S. (2015), Special features of resort and recreation area zoning in Perm region, *Geography and tourism*, No. 14, Pp. 136–146.
29. Oborin, M.S. (2021), Network interaction as an instrument of effective economic stability administration on region history and culture market, *Electronic bulletin*, No. 76, Pp. 74–91.
30. Ogneva S., Kuzmina N. (2015), Problems and prospects of tourism development in the industrial region (the experience of the perm region), *Services in Russia and abroad*, No. 3(9), Pp. 51–62.
31. Perm region has joined the “Golden score of the National tourism rating - 2018, the Website of Perm region government [Online], available at: <https://permkrai.ru/news/permskiy-kray-voshel-v-zolotuyu-dvadsatku-natsionalnogo-turisticheskogo-reytinga-2018>(Accessed 15 February of 2024)
32. Seredina, E.V. (2021). Aspects of creating the tourism clusters in Russian Federation as exemplified in Kungursky district of Perm region, *The National Association of Scientists*, No. 56-2, Pp. 10–12.
33. Tkachov, B.P., Esipova, S.A. (2020), An overview of Perm region tourism zoning approaches, *The scientific overview. Economic science.*, No. 1, Pp. 37–41.
34. Ustuzhanina, E.B., Evsukov S.G., Petuhov A.G., Kazankin P.B., Dmitrieva M.B. (2011), Nauchnaya shkola kak strukturnaya edinica nauchnoj deyatel'nosti [Scholar School as a structural item of science], *CEMI RAN*, Moscow, Russia.
35. Hudenkih, U.A. (2006), *Turizm v Permskom krae: territorial'naya organizaciya i regional'noe razvitie* [Tourism in Perm region, territorial organization and regional development], Perm State University, Perm, Russia.
36. Shirinkin, P.S., Lisenkova A.A., Melnikova A.U. (2017), *Kul'turnyj turizm v Permskom krae: analiz potentsiala i perspektivy razvitiya* [Tourism in Perm region, territorial organization and regional development], Perm State institute of culture, Perm, Russia.
37. Shirinkin, P.S. (2006), Regional tourism in Perm region: problems, strands and prospective, *Geografiya i turizm, [Geography and tourism]*, Perm, Russia, Pp. 233–244.
38. Monfort M. Competitividad y factores críticos de éxito en la «hotelería de litoral»: experiencia de los destinos turísticos Benidorm y Peñíscola: Doctoral Dissertation. Universidad de València, Espanha, 2000 [Online], available at: <http://www.cervantesvirtual.com/obra/competitividad-y-factores-criticos-de-exitoen-los-destinos-turisticos-mediterraneos-benidorm-y-peniscola—0/> (Accessed 15 February of 2024)
39. Rodrigues A.B. (2003), Turismo rural: praticas e perspectivas, Contexto, Sao Paulo, Brazil.

Статья поступила в редакцию: 03.07.24, одобрена после рецензирования: 11.09.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 3 July 2024; approved after review: 11 September 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Дмитрий Александрович Кошечев

старший преподаватель департамента менеджмента,
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»;

614060, Россия, Пермь, бульвар Гагарина 37

Information about the author

Dmitry A. Koshcheev

Senior Lecturer, Department of Management,
HSE University-Perm;

37, bulvar Gagarina, Perm, 614060, Russia

e-mail: dmitry.koshcheev@yandex.ru

Теоретическая география
Черкашин А.К.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 910.1: 801.73:51-7

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-183-195

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ГЕРМЕНЕВТИКА: ПОНЯТИЯ, МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Александр Константинович Черкашин

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

akcherk@irnok.net, Scopus Author ID: 7003391794, Researcher ID: K-2418-2017, Author ID РИНЦ: 58425, SPIN-код: 5266-0499

Аннотация. Географическая герменевтика – одна из форм герменевтической метатеории, включающей философскую, математическую и информационную герменевтику. К последней относится географическая наука, ориентированная на обработку пространственно-распределенных данных. Математическая герменевтика позволяет формализовать методы объяснения и понимания информационных объектов (описаний) через процедуры расслоения, основанные на прикладном математическом анализе дифференциальной геометрии. Входная информация об объекте трактуется как неизвестная системная функция переменных – характеристик географического объекта. Такая функция достоверно описывает поверхность многообразия, касательные линии (плоскости) к которой в каждой выделенной точке генерируют расслоенное пространство – полисистему, по частям отображающую системную функцию в каждом слое. Свойства слоя однозначно определяются функцией координат точки касания (нормой) и уравнением (моделью) касательной плоскости в относительных переменных. Нормы и модель в герменевтике соответствуют смысловому значению и общезначимому смыслу обрабатываемой геоинформации. В герменевтике возможна интерпретация разных моделей через перевод знаний с одного системного языка на другой, а также интерпретация с целью придания абстрактным моделям смыслового значения путем погружения знаний в конкретную геосторическую среду по правилу позиционности. Таким образом решаются обратные через мета-анализ и прямые через мета-геосистемный синтез задачи географической герменевтики. Геогерменевтика выделяет триады наук типа «физика – геофизика – физическая география» абстрактных законов теорий, изучения пространственно-распределенного действия этих законов в виде земных полей и пространственного проявления законов с учетом особенностей влияния географической среды.

Ключевые слова: герменевтический анализ и синтез, метатеоретический подход, расслоение на многообразиях связей, географическая среда, абстрактные смыслы и конкретные значения, чистое и прикладное знание

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ АААА-А21-121012190056-4).

Для цитирования: Черкашин А.К. Географическая герменевтика: понятия, модели и методы исследования // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 4 (71). С. 183–195. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-183-195

THEORETICAL GEOGRAPHY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-183-195

GEOGRAPHICAL HERMENEUTICS: CONCEPTS, MODELS AND RESEARCH METHODS

Aleksander K. Cherkashin

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

akcherk@irnok.net, Scopus Author ID: 7003391794, Researcher ID: K-2418-2017, Author ID РИНЦ: 58425, SPIN-код: 5266-0499

Abstract. Geographical hermeneutics is one of the forms of hermeneutic metatheory, which includes philosophical, mathematical and informational hermeneutics. The latter includes geographical science, focused on the processing of spatially distributed data. Mathematical hermeneutics allows formalizing methods of explanation and understanding (insight, interpretation) of information objects (descriptions) through fibering procedures based on applied mathematical analysis of differential geometry. The input information is interpreted as an unknown system function of variables – characteristics of a geographical object. Such a function reliably describes the surface of the manifold, to which the tangent lines (planes) at each selected point generate a fibering space (fiber bundle) as poly-system, that in parts displaying the system function in each fiber (layer). The properties of the layer are uniquely determined by function of the tangent point coordinates (norm) and the equation (model) of the tangent plane in relative variables. In hermeneutics, these norm and model correspond to the semantic meaning and meaningful sense of the geoinformation processed. It is possible to interpret different models through the translation of knowledge from one system language to another one, and interpretation in order to give to abstract models the semantic meaning by immersing knowledge in a specific geohistorical environment according to the positionality rule. Thus, the inverse problems of geographical hermeneutics through meta-analysis and the forward ones through metageosystem synthesis are solved. Geohermeneutics distinguishes triads of sciences such as "physics – geophysics – physical geography" on abstract laws of theories, the study of the spatially distributed action of these laws in the form of terrestrial fields and the spatial manifestation of laws, taking into account the peculiarities of the influence of the geographical environment.

Keywords: hermeneutical analysis and synthesis, metatheoretical approach, fibration on manifold of connections, geographical environment, abstract senses and concrete meanings, pure and applied knowledge

Funding. The study was conducted as part of state assignment (topic No. АААА-А21-121012190056-4).

For citation: Cherkashin A.K. (2024) Geographical hermeneutics: concepts, models and research methods. *Geographical Bulletin*. No. 4(71). Pp. 183–195. doi: 10.17072/2079-7877-2024-4-183-195



*Теоретическая география**Черкашин А.К.***Введение**

Герменевтика – в буквальном смысле «искусство толкования», в современной науке философское направление, теория интерпретации и углубленного понимания текстов, исходя из признания того, что любые тексты или системы понятий формулируются в определённой среде и контексте [14]. Применяя методы герменевтики при изучении документов, необходимо учитывать, что составитель создаёт текст документа, находясь в конкретной географической, исторической или культурной среде, и сам имеет соответствующую профессиональную подготовку и социальный статус. В любом «тексте» есть объективная и субъективная составляющие; они есть и в индивидуальности понимания текста читающим субъектом.

Герменевтика как наука, благодаря своей междисциплинарной природе, имеет множество прикладных направлений: философская, правовая, филологическая, историческая, психологическая, гуманитарная, когнитивная и др. Это придает ей сквозной, общенаучный статус метатеоретического знания, где есть место и для географической герменевтики. Объектом ее интересов являются географические описания, рассказанные и письменные, запечатленные в тексте, фотографиях, в графике и на картах, а также в наборах (базах) данных пространственной информации для визуализации геоизображений, статистической обработки и модельной интерпретации. Проблема в том, что наблюдаемое пространство скрывает, экранирует, маскирует условия своего формирования, обусловленные природной, экономической и культурной реальностью [12]. Герменевтика стремится приблизить то, что от нас каким-то образом мысленно ускользает, удалено во временном, географическом, познавательном аспектах.

Отстаивается мнение об универсальности феномена интерпретации, что позволяет воспринимать герменевтику как науку о возможности познания в целом, как метатеорию, нацеленную на анализ механизмов познания. Это дает возможность рассматривать философскую герменевтику не только как науку о понимании текста, но и о понимании мира в целом [21]. Различают номотетические дисциплины, объясняющие явления на основании универсальных законов, и идеографические дисциплины, отражающие законы с учетом конкретного контекста. Идеографические дисциплины при описании единичных фактов и событий исходят из исторически сложившейся системы ценностей, что необходимо учитывать при исследовании герменевтических (ГН) свойств в методологии гуманитарных наук, а также в географии. Идея герменевтики состоит в обосновании самостоятельной значимости идеографического познания явлений и несводимости его процедур к процедурам номотетического познания законов, в частности перекрытием ГН-тематикой гносеологических и эпистемологических возможностей. Однако и в области универсальных наук проявляются местные факторы, которые необходимо принимать во внимание. Д. Ливингстон [38; 39] писал, что, вопреки заявлениям ученых и инженеров о «неподвластной времени универсальности», все зависит от географических условий, в которых работает исследовательская группа сотрудников, средств и ресурсов и т.д. Этим устанавливается фундаментальная важность географии как в генерировании, так и в применении научных знаний.

Основополагающим в географии является позиционный принцип [18], согласно которому свойства объекта-системы зависят от условий физико-, экономико-географического и геополитического положения. Связанное с ним давление места – это своеобразная сила, стремящаяся переместить объекты в оптимальное местоположение – мигрировать или, оставаясь на месте, адаптировать свои функции к среде, или изменить среду для сохранения функций, или деградировать. Данный принцип имеет прямое отношение к географической герменевтике, понимающей все особенности возникновения местных процессов и явлений на территории. Всякий объект, погруженный в конкретную среду, ведет себя соответствующим образом, что научно истолковывается, интерпретируется в зависимости от геомерной принадлежности этой среды.

Сходным образом рассматривается ГН-подход в геологии. В полевых и лабораторных условиях геологическое познание методологически схоже с интерпретацией текста. Частные анализы горных пород и минералов, результаты измерения геофизических полей следует истолковывать лишь как средство или этап на пути к получению собственно геологического знания. Например, целью интерпретации геофизических данных является достижение однозначности их геологического истолкования средствами комплексного анализа полей [3]. Геологическое обнажение горных пород лучше всего понимается через познание общей геологической обстановки района, геологической ситуации на участке, т.е. исходя из контекста [15]. Геологически информативными результаты лабораторных исследований становятся тогда, когда известны координаты отбора пробы и контекст расположения конкретных геологических тел с уникальным сочетанием геологических объектов по характеру их залегания и составу, что формируются в неповторяющихся условиях. У геолога всегда есть несколько вариантов интерпретации, поэтому разные геологи могут прийти к различным системным выводам. Использование герменевтических и исторических процедур при исследовании природного мира приближает геологию к гуманитарному знанию [15; 35]. Геология, как и история с географией, имеет дело «с уникальным набором событий» [40, р. 71], т.е. относится к идеографическому знанию, получение которого не требует формулировки универсальных законов. Делается вывод, что геологическое познание представляет собой особый вид познания природы, основанный преимущественно на ГН-методе интерпретаций нарративной (установочной, повествовательной) информации. Геолог строит общую картину геологической ситуации, помещая каждый геологический объект в целостное описание участка Земли [15; 16], что также характерно для географии. На стадии становления географии и

Теоретическая география
Черкашин А.К.

геологии как академических дисциплин они имели черты нарративных и герменевтических (интерпретационных) прикладных наук, что способствовало совершенствованию гносеологических (познавательных) функций географии, повышению ее практического назначения.

В географических научных текстах ГН-подход применяется редко [7], тем не менее он сквозным образом неявно присутствует в пространственных исследованиях для объяснения и понимания причин территориальных различий, объективно связанных с неоднородностью географической среды, а также воплощенных в территориальной дифференциации процессов и явлений. Идеи такого подхода реализуются в моделях и методах географической экспертизы – геосистемном анализе и синтезе пространственной информации (данные и знания) о территории, оценке природных условий и ресурсов, проектов природопользования, основанных на понимании состояния окружающей среды [9]. Геоинформация включает свод всевозможных координированных сведений, ландшафтные и страноведческие описания, наборы географических характеристик, поступающих в научную обработку. Исследователи в 1980–90-х гг. широко использовали метафору «ландшафт как текст» в эстетике, семиотике и географии [30].

Сборник статей [32] отражает широкий спектр ГН-подходов к пониманию особенностей места и пространства, демонстрируя богатство современного ГН-мышления и возможности новых междисциплинарных направлений его применения для осмысления отношения человека к месту расположения. Исходная позиция любого ГН-отношения к миру основана на понимании того, как «живое тело» соотносится с окружением, к которому оно по необходимости пространственно привязано. Всякое место требует ГН-интерпретации, поскольку оно отграничивает существующее культурно и исторически окрашенное взаимодействие с пространством соседних мест с учетом типологии местоположений. Это демонстрируется растущим интересом к герменевтике окружающей среды [33; 40], особенно при интерпретации событий планетарного масштаба. Герменевтика может помочь в понимании городской жизни в ее нынешних формах и условиях, когда перемещение человека в пространстве «гетеротопических мест радикальной инаковости» изменяет средовую позицию места и, следовательно, результаты интерпретационного анализа наблюдаемых явлений. Географические карты по своей сути находятся между текстом и изображениями, между субъектом и объектом, наукой и искусством и могут рассматриваться в качестве конкретных интерпретаций места и пространства как на этапах создания, так и чтения карт [36]. Принимая во внимание традиционные модели взаимодействия человека с геоинформацией, предлагается ГН-модель проектирования ГИС [37].

Герменевтика как единая концепция реально надстраивается над географической наукой, основанной на знании условий среды протекания земных процессов и формирования уникальности и разнообразия размещения природы, хозяйства и населения, исходя из понимания, что есть и можно извлечь из географической среды осваиваемой территории. По своей предметной сущности [24; 28] география как одна из наук единого ГН-учения является частью метатеоретического подхода, включающего в совокупности методологический, математический и статистический прикладной анализ естественного и гуманитарного знания. В статье сделана попытка выделить основные принципы и правила общей герменевтики, полезные для объяснения и понимания существующих и новых географических знаний с перспективой дальнейшего развития методологии географии с использованием математических формул дифференциальной геометрии.

Основные понятия и методы

Научная работа известного философа и логика Я. Хинтиikka [22] посвящена состоянию философских исследований в современном мире, вопросам теоретической философии. Он отмечает, что философские исследования переживают кризис, связанный с отсутствием новых направлений и идей. Ослабление взаимодействия между философами, естествоиспытателями и математиками привело к потере значимости философских работ. На примере герменевтической традиции автором сделана попытка диагностировать возникшие трудности. Сейчас герменевтика вдохновлена плодотворной идеей – подходить к реальности так, как подходят к тексту, подлежащему интерпретации, обеспечивая «читаемость мира» [31]. В подобных исследованиях не следует отклоняться от рациональности, а, напротив, шире применять рациональные методы, такие как в математике, для входа «в царство серьезной философии» [22].

Сущность и основу современной герменевтики как науки составляют проблемы интерпретации и понимания «текстов», постигаемых в широком аспекте в качестве всякой информации об объекте – информационном объекте (ИО), т.е. самостоятельной единицы применения и хранения данных ГИС в виде модели представления данных с известными свойствами (атрибутами) и их соотношениями. На базе ИО разной сложности герменевтика конструирует свою модель возможной реальности и исторически трансформируется от науки об истолковании текстов к философскому подходу к знаниям и далее к математическому описанию явлений, тем самым далеко выходит за пределы собственно гуманитарных наук, идет по пути переосмысления природы и философского, и географического, и всякого иного конкретного знания. Наглядной иллюстрацией ГН-процесса является перевод с одного языка на другой язык, понятный читающему, даже если это абстрактный математический язык. Многие трудности в понимании научных текстов исчезают, если перевести их на серьезный язык математики.

Тексты (ИО) предстают перед исследователем как значимый материал, застывшая, объективная, истинная информация, инвариантная относительно ее различных преобразований и интерпретаций. Выделяется несколько

Теоретическая география
Черкашин А.К.

метауровней научной информации [28]: данные, знания, модели, теории, метатеории и метанаука-математика. Герменевтика проявляется на метатеоретическом уровне.

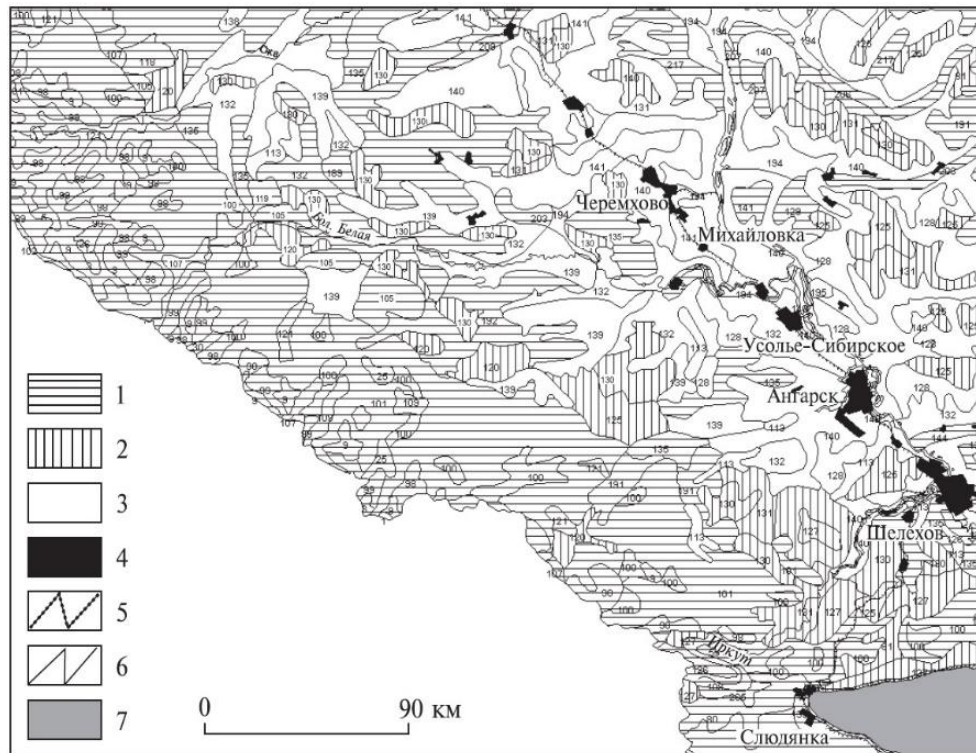


Рис. 1. Зоны заселенности кабарги в соответствии с фациальной структурой участка Восточно-Саянской горно-таежной области (по Г.В. Пономареву). Условные обозначения: зоны заселенности 1 – оптимальных; 2 – субоптимальных местообитаний; 3 – несвойственных угодий; 4 – населенные пункты; 5 – железные дороги; 6 – реки; 7 – оз. Байкал [13]. Цифрами на карте обозначены группы фаций по легенде карты [17]: 3–30 – гольцовые (горнотундровые и подгольцовые байкало-джугжурские и восточно-саянские); 78–94 – горно-таежные байкало-джугжурские, 98–131 – горно-таежные южносибирские [13, с. 254]

Fig. 1. Zones of musk deer population in accordance with the facies structure of the site of the East Sayan mountain taiga region (by G.V. Ponomarev). Symbols: zones of population 1 – optimal; 2 – suboptimal habitats; 3 – uncharacteristic lands; 4 – settlements; 5 – railways; 6 – rivers; 7 – lake Baikal [13]. The numbers on the map indicate groups of facies in the legend of the map [17]: 3–30 – golts-like (mountain tundra and subgolts, Baikal-Dzhugzhur and East Sayan); 78–94 - mountain-taiga, Baikal-Dzhugzhur; 98–131 – mountain-taiga, South Siberian [13, p. 254]

Текст формально описывается в виде предиката $F(x)$ – утверждения, высказанного об объекте, процессе или явлении, истинных $F(x)=1$ или ложных $F(x)=0$ суждений, в которых смысл и значение отождествляются, например актуально истинно: «город Москва – столица России». Здесь $x=\{x_i\}$, $i=1\dots n$ – последовательность (картеж, вектор) истинных значений в пространстве $x\in X=\{X_i\}$ координат (понятий, атрибутов) X_i , объединяемых предикатом $F(x)=1$ типа позитивного утверждения «Кедровый стланик x_1 произрастает на бедных и тяжёлых щебенчато-скальных почвах x_2 в суровом климате x_3 восточных районов x_4 России x_5 ». Предикат координирует этот биологический вид в физическом пространстве и пространстве показателей условий роста, указывает адрес возможного существования растения или животного, поэтому часто имеет смысл встречаемости (ареала) вида в разных местах территории. Карта типов местообитаний кабарги (рис. 1) для участка Южно-Сибирской горной физико-географической области (Верхнее Приангарье) построена на основе ГИС «Ландшафты юга Восточной Сибири» [17]. По данным натурных обследований в базе ГИС выделы геомов и групп фаций территории интерпретировали как местообитания кабарги по трем оценочным категориям: оптимальные, субоптимальные и несвойственные угодья. Соответствующие выделы с учетом границ геомов автоматически картографировались, отражая пространственное распределение ареалов этого вида. Так, зона оптимальных местообитаний кабарги расположена на абс. высоте $x=1000\div 2000$ м и представлена подгольцовыми темнохвойно-редколесными, горно-таежными темнохвойными редуцированного развития и горно-таежными темнохвойными оптимального развития геосистемами [13]. Таким образом ландшафтно-типологическая карта географической среды через интерпретацию данных и знаний соотносится с тематической картой специального назначения. Этот подход удачно применяется в технологии ландшафтного планирования на ландшафтно-картографической основе [13].

Теоретическая география

Черкашин А.К.

В определенных случаях предикатом может быть гладкая системная функция $F(x)=C$ (константа) многих переменных $x=\{x_i\}$, $i=1\dots n$, воспринимаемых в качестве характеристик элементов систем разного рода и представляющих, в частности, данные натурального и статистического изучения природных и социально-экономических метагеосистем, отражающих в единстве геосистемы $f(y)$ и их географическую среду F_0 [25]:

$$F(x)=f(y)+F_0, \quad (1)$$

где $y=x-x_0$ – относительные значения характеристик системы (диагностические признаки, симптомы); x_0 – индивидуально понимаемые нормы значений $x_0=\{x_{0i}\}$. Первоначально неизвестная ИО-функция $F(x)$ «читается» через перечисление значений признаков i элементов $x=\{x_i\}$ в пространстве $x \in X=\{X_i\}$ понятий-координат X_i . Функция $F(x)$ воспринимается как наблюдаемая закономерность, а $f(y)$ – как скрытый в ней закон (модель), проявляющийся в конкретных условиях F_0 . Необходимость подобного истолкования присутствует в списке проблем учения о геосистемах: «моделирование геосистем $F(x)$ с учетом их спонтанной и антропогенной динамики $f(y)$ и соответствующего им интегрального природного режима F_0 » [20]. Эти функции и показатели необходимо выявить, дешифровать по связи данных $F(x)$ ИО:

$$a) f(y)=F(x)-F_0, \quad б) F_0 = F(x)-f(y). \quad (2)$$

Операция объяснения (а) выясняет причины $f(y)$ явления $F(x)$, процедура (б) относит явление $F(x)$ к определенной категории F_0 , подводит частный случай $F(x)$ под общее понятие F_0 . Универсальная операция мышления – понимание [5] – связана с усвоением нового содержания $f(y)$ и F_0 , включением его в систему устоявшихся идей и представлений, обусловленных геоисторическими и культурными предпосылками. Понимание в герменевтике обычно считается методом гуманитарных наук, что противопоставляется объяснению как методу естествознания. Однако правильной придерживаться мнения Г. Бёма [4], полагавшего, что герменевтика выражает объективные тенденции современного развития не только гуманитарных, но и естественных наук. Это способствует ее становлению в качестве сквозного научного направления МТ-уровня, что особенно важно для единства географии с ее сочетанием природного и социально-экономического знания.

Уравнение вида (1) в герменевтике соответствует прямой задаче интерпретации, а в случае (2) – решению обратной задачи (осмыслению, объяснению), когда, с одной стороны, оценивается отклонение (аномалия) $f(y)$ наблюдаемого явления $F(x)$ от средообусловленной нормы F_0 , с другой – определяется сама норма F_0 , выясняются обстоятельства действия для модели $f(y)$. Вариант (2,а) лежит в основе методов мета-анализа [26, 29]. Вариант (2,б) необходим для определения параметров F_0 источника информации $F(x)$ по соответствующей модели $f(y)$. Проблемы решения обратной задачи (2,б) связаны с наличием эквивалентности, т.е. одинаковости проявления $F(x)$ различных неоднородностей F_0 географических полей $F(x_0)$ (многообразия среды). Формула (1) также является логическим выводом по схеме: если достоверно известно $f(y)$ и F_0 , то $F(x)$ истинно.

Соотношение (2) соответствует этапу анализа, а (1) – синтезу ИО, осуществляемых по герменевтическому кругу (ГНК) – познавательной модели, поэтапно описывающей взаимную обусловленность специального объяснения j скрытых знаний $f_j(y)$ и их средовой интерпретации F_{0j} , с одной стороны, и специального понимания $F_j(x)=f_j(y)+F_{0j}$, с другой. Для понимания целого нужно полностью дешифровать смысловое значение $F_{0j}=F_0$ для ИО.

По Ф. Шлейермахеру, ГНК – это принцип понимания текста, основанный на диалектике части $f_j(y)$ и целого $F_j(x)$, а скорее, спираль итерационного приближения $F_j(x) \rightarrow F(x)$ к истинному смыслу $f_j(y) \rightarrow f(y)$ и его исходной интерпретации $F_{0j} \rightarrow F_0$ по мере поступления свежих данных и знаний, использования новых моделей и теорий познания j . Истинные предположения $F_{0j}=F_0$ можно воспринимать как «божественный дар» или как исследовательскую интуицию, в частности, географа, что необходима ему при узнавании и типологизации геосистем и создании ландшафтно-типологических карт территории путем синтеза и сравнительно-географического ГНК-анализа пространственных данных и знаний.

В зависимости от содержания решаемой задачи контекстное слагаемое F_0 в соотношении (1) воспринимается по-разному: 1) начало координат фазового пространства; 2) начальное состояние процесса; 3) логическая посылка в доказательстве; 4) характеристика окружающей среды (обстоятельства); 5) смысловой контекст; 6) ошибка наблюдения; 7) сигнал на входе процесса (стимул); 8) зашифрованное послание; 9) норма поведения; 10) инвариант содержания; 11) равновесное эквифинальное состояние; 12) характеристика партнера по парному взаимодействию, в том числе коммуникации, и др. Цель ГНК-познания состоит в последовательном определении (отделении, отслоении) контекстной F_0 от содержательной части $f(y)$ согласно формулам (2) алгоритма интерактивного перехода (сужения) ИО $F(x)$ к инвариантному пониманию F_0 . В этом случае соотношения (1)–(2) формулируют методологию и логику ГН-анализа – тезис F_0 , антитезис $f(y)$ и синтез $F(x)$, что подробно разобрано в логике объяснения [2]. Для строгой формулировки алгоритма ГН-анализа требуются математические знания.

Метатеоретический подход

В иерархической организации научной информации выделяется ГН-уровень МТ-знаний, объединяющий средства математического, методологического и статистического анализа на основе формул прикладной математики [28]. В математике всякая системная функция $F(x)$ (гладкая, дифференцируемая, аналитическая) может быть преобразована $F(x) \rightarrow F^*(a)$ в функцию $F^*(a)$ двойственных переменных $a=\{a_i\}$ с помощью касательного преобразования Лежандра:

Теоретическая география
Черкашин А.К.

$$F(x) = a \cdot x + F^*(a) = \sum_i a_i x_i + F^*(a), a_i = \frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial y_i}. \tag{3}$$

Переменные a_i называются показателями чувствительности изменения функции $F(x)$ к изменению наблюдаемых величин x_i на единицу. Аналогично $-x_i$ являются чувствительностью изменения функции Лежандра $F^*(a)$ к единичному изменению a_i . Здесь $a = \{a_i\}$ – набор (вектор) двойственных к вектору $x = \{x_i\}$ переменных; $a \cdot x$ – скалярное произведение векторов a и x . Например, можно $F(x)$ считать доходом (выручкой) от реализации продукции, $a \cdot x$ – издержками производства (x_i, a_i – количество и цена i -го ресурса), $F^*(a)$ – соответственно прибыль.

Согласно соотношению (2), коэффициенты чувствительности $a = \{a_i\}$ в каждом отдельном случае могут быть рассчитаны по статистической зависимости $F(x)$ методом множественной регрессии, где величина $F^*(a)$ вычисляется как свободный член (отрезок) билинейного уравнения (3). Различные статистические ряды $F(x)$ имеют отличающийся набор коэффициентов $a = \{a_i\}$ и $F^*(a)$; вид функции $F^*(a)$ восстанавливается по множеству этих данных для одного или разных объектов исследования в однотипной среде. Достоверное изменение вида функции указывает на отличие состояний системы. Однородность выборок при разных величинах $a = \{a_i\}$ наблюдается при пересечении на графике линий зависимостей (3) в одной касательной точке $x_0 = \{x_{0i}\}$, где для всех функций $F(x)$ и соответствующих чувствительностей $a = \{a_i\}$ справедливо равенство:

$$F(x_0) = a \cdot x_0 + F^*(a) = \sum_i a_i x_{0i} + F^*(a). \tag{4}$$

Тогда линии (плоскости) связи переменных при разных $a = \{a_i\}$ образуют универсальный пучок зависимостей с центром $x_0, F(x_0)$:

$$f(y) = F(x) - F(x_0) = a \cdot (x - x_0) = \sum_i a_i y_i. \tag{5}$$

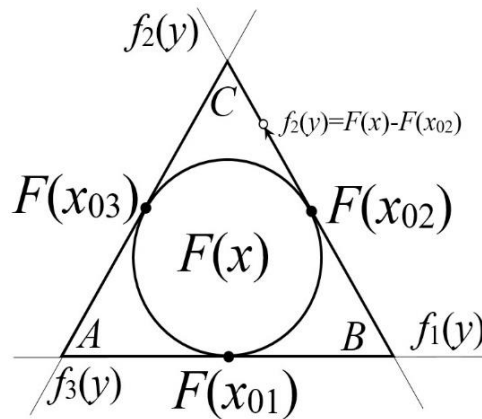


Рис. 2. Схема расслоения на круговом многообразии $F(x)$ в касательных точках x_{0j} ($j=1, 2, 3$) слоев $f_j(y) = F(x) - F(x_{0j})$ билинейных функций (5): $y = x - x_{0j}$ – локальные координаты j -го слоя; AB, AC, BC – отрезки, соответствующие ядрам слоев
Fig. 2. Scheme of the bundle on a circular manifold $F(x)$ at tangent points x_{0j} ($j=1, 2, 3$) of layers $f_j(y) = F(x) - F(x_{0j})$ of bilinear functions (5): $y = x - x_{0j}$ – local coordinates of the j -th layer; AB, AC, BC are the segments corresponding to the cores of the layers

В медицине относительным переменным y и функциям $f(y)$ соответствуют понятия «симптом» и «синдром» [27]. Параметры точки касания x_0 , в частности, зависят от величины неучтенных факторов и влияния среднего фона; последнее определяет уникальность слоя. Линии $f(y)$ пучка x_0 подобны (симметричны) как внутри слоя, так и при межслойном сравнении: $f(y) \leftrightarrow f_i(y)$.

Геометрически функции $F(x)$ являются многообразиями, рельефными поверхностями только тогда, когда они локально сходны с евклидовым линейным пространством (рис. 2), т.е. в плоскости-слое в достаточно широкой окрестности $f(y)$ точки касания x_0 и на многообразии $F(x)$ действуют одни и те же законы, благодаря чему свойства многообразия однозначно передаются множеством касательных плоскостей. Так получается, например, при картографировании земной поверхности, что расслоением превращается в атлас карт. Это позволяет познавать неизвестную сложную ИО-систему $F(x)$ по частям $f_j(y) = f(y, x_{0j}), x_{0j} = \{x_{0ij}\}$. На рисунке 2 свойства целого $F(x)$ передаются множеством слоев $\Phi(y) = \{f(y, x_{0j})\}$ (расслоенным пространством, полисистемой слоев). В нем каждый слой $f_j(y) = f(y, x_{0j})$ отображает часть целого и образует двухуровневый ГНК познания, в котором часть ИО соотносится со всем ИО как целым, и смысл целого $F(x)$ выясняется относительно его частей $f_j(y)$.

При прямом ГН-синтезе исходим из общей схемы (1), связывающей первичную скрытую информацию F_0 с наблюдаемой известной $F(x)$, полученной с помощью ключа преобразования $f(y): F_0 \rightarrow F(x)$. Научное познание представлено двумя способами (2) дешифрирования: а) выявление законов преобразования $f(y) = F(x) - F_0$ путем

Теоретическая география
Черкашин А.К.

сравнения входной F_0 и выходной $F(x)$ ИО-информации; б) извлечение скрытого знания, основываясь на знании законов (ключа) преобразования $F_0 = F(x) - f(y)$. Первое направление связано с исключением из наблюдений $F(x)$ влияния среды F_0 и получением чистого знания $f(y)$ через процедуры мета-анализа [26; 29]. Второй исследовательский подход состоит в идентификации средовых условий, основываясь на знании законов преобразования (моделей) и имеет прямое отношение к предмету географических исследований [28]. Это отражает ГН-факт, что познаваемая реальность $F(x)$ зашифрована, и расшифровать ее возможно только при использовании соответствующих методов, основанных на представлении о многообразиях $F(x_0)$ – тех же системных функциях $F(x)$, имеющих значения только в точках x_0 касания слоев. Чистое знание $f(y)$ – это мертвое академическое знание, не привязанное к действительности, но именно оно в информационном потоке несет основную смысловую (теоретическую) нагрузку о причинно-следственных связях, которую необходимо выявить и объяснить с помощью уравнения (5), абстрагируясь от частных и условностей.

Функция среды $F_0 \subset F(x_0)$, согласно (1), всегда присутствует в $F(x)$, в чем выражается принцип средового географического детерминизма – концепции, что утверждает: общественные процессы $F(x)$ зависят от влияния природных сил $F(x_0)$ на законы $f(y)$ развития общества, поэтому соответствующий ИО в ГН-анализе определяется как актуально значимый смысл $f(y, x_0)$ и смысловое значение $F(x_0)$. В отсутствие болезненных отклонений $y=0$, $f(y)=0$, регулируемых правовой системой, общество $F(x)$ развивается в согласии с существующим хозяйственным режимом и состоянием природных условий $F(x)=F(x_0)$ типа природно-хозяйственных зон Земли. Согласно (1), различаются (чистые) законы $f(y)$ связи симптомов y и закономерности $F(x)$, обремененные обстоятельствами $F(x_0)$. Показатели x_0 и F_0 рассматриваются как характеристики нормы системы, а ограничения $f(y) < f_m$ как нормативы ее изменчивости в границах ядра слоя. Как правило, в слое характеристики частей пропорциональны целому $f_m \sim F_0$.

Функции $f(y)$ описывают отклонения (аномалии) от этой нормы F_0 . Аналогично рассуждаем при географических исследованиях, понимая под x_0 и F_0 характеристики состояния среды в метагеосистеме $F(x)$. Происходит поиск индивидуального F_0 в смысловом поле $F(x_0)$ геосторических установок и ценностей конкретной культуры. Приведенные соотношения – разные формы реализации принципов герменевтики, которые необходимо пояснить уравнениями (1) – (5).

Герменевтические принципы

Основатель герменевтики как науки Ф. Шлейермахер [19] исходил из факта универсальности феномена понимания и делал вывод о необходимости универсальной герменевтики. География должна рассматриваться как одно из тематических направлений герменевтики, поэтому для практики исследований с применением предложенных математических соотношений важно переформулировать известные принципы герменевтики и результаты частных форм интерпретации.

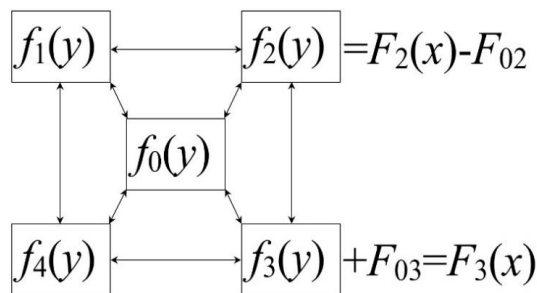


Рис. 3. Схема внешней $f_j(y) = F(x) - F(x_{0j})$ и внутренней $f_j(y) \leftrightarrow f_k(y)$ интерпретации информационных слоев $f_j(y)$; герменевтический синтез понимания знаний $F_j(x) = f_j(y) + F_{0j}$

Fig. 3. Scheme of external $f_j(y) = F(x) - F(x_{0j})$ and internal $f_j(y) \leftrightarrow f_k(y)$ interpretation of information layers $f_j(y)$; hermeneutic synthesis of knowledge understanding $F_j(x) = f_j(y) + F_{0j}$

Локальная функция $f_j(y) = f(y_j) = f(y, x_{0j})$ слоя j (рис. 2) жестко привязана к точке касания $x_{0j} = \{x_{0ji}\}$ ($y_j = x_j - x_{0j}$). В этом случае свойства модельного слоя $f_j(y) = f(y_j, x_{0j})$ однозначно определяются характеристиками x_{0j} . Например, в системном слое специальной теории все смысловое содержание теоретической модели $f_j(y)$ зависит от принятых понятий и аксиом, решения дифференциальных уравнений определяются начальными и граничными условиями, а зональные особенности геосистем зависят от зональных черт (нормы) географической среды. Иными словами, отдельное $f_j(y)$ может быть понято только из целого $F_{0j} = F(x_{0j}) \in F(x_0)$, так и целое $F(x_0)$ (многообразие) понимается из отдельного $f_j(y)$. Этот принцип имеет огромную важность для герменевтики, поскольку лежит в основе многих ГН-правил.

При скольжении точки касания по поверхности многообразия $F(x) = F(x_0)$ один слой $f_j(y)$ переходит в следующий $f_k(y)$ с особыми свойствами нового слоя k (рис. 3). Функция $f_j(y) = f(y)$ имеет общий вид $f(y)$, абстрагированный от свойств позиции x_{0j} и $F_{0j} = F(x_{0j})$, т.е. преодолевший географическую, историческую, культурную или

Теоретическая география
Черкашин А.К.

иные дистанции, отделяющие ИО от его системной интерпретации $f(y)$. По причине такого сходства можно выделить типовой слой $f_0(y)$, сравнивать слои между собой $f_j(y) \leftrightarrow f_k(y)$, генерировать структуру слоя по модели типового слоя $f_0(y) \rightarrow f_j(y)$ и решать иные нетривиальные интерпретационные задачи (рис. 3). В полисистеме $\Phi(y) = \{f(y, x_{0j})\}$ подобные межсистемные отношения рассматриваются как своего рода коммуникация, выраженная в передаче информации из слоя в слой, от смысла к смыслу. В частности, решать обратную $f_2(y) = F_2(x) - F_{02}$ и прямую $F_3(x) = f_3(y) + F_{03}$ задачи герменевтики при переводе $f_2(y) \rightarrow f_3(y)$ с одного языка $f_2(y)$ на другой $f_3(y)$. Обычно интерпретируются смыслы при сохранении $F_{02} = F_{03}$ условных значений, когда исследуется поведение разных пространственных объектов (участков, районов) в одинаковой географической среде.

Смысловая нагрузка $f(y)$ ИО раскрывается в правой части уравнения (4). Учитывается тесная связь смысла $f(y)$ и значения $F_0 = F(x_0)$ наблюдаемого явления $F(x): f(y) = F(x) - F_0$. Два суждения $f(y)$ «Город-столица нашей Родины» и «Самый населенный город России» имеют одинаковое географическое значение F_0 – «город Москва». Каждый раз, отделяя конкретное значение F_0 , выделяем элементы смыслового поля $f(y)$ типа системных законов, а добавляя в общий смысл значение $F(x) = f(y) + F_0$, находим возможность их практического применения $F(x)$ (значимость, ценность, полезность). В центре ядра разного смыслового содержания $f(y)$ лежит сходное значение F_0 (город Москва), а различным значениям F_{0j} может соответствовать одинаковый актуальный смысл $f(y)$ (столица, население). Множество смыслов $f_j(y)$ одного значения F_0 составляют предметно-тематический слой $f(y)$ на многообразии $F(x_0)$ (городов), по отношению к точкам x_0 которого можно сформулировать одни и те же вопросы типового слоя $f_0(y)$. Правдивые ответы на множество заданных вопросов позволяют выяснить искомое значение, отгадать загадку, дешифровать текст, определить место явления в некоторой целостности $F(x_0)$ (многообразии) в качестве части (слоя) этой целостности. Идея реконструкции смысловых структур лежит в основе методов качественного анализа ИО, что позволяет достичь верифицируемых результатов. Реализуется алгоритм перевода сведений $F(x)$ сначала в универсальную смысловую форму $f(y)$, а затем в новую информацию $F'(x) = f(y) + F(x'_0)$.

В науке подобная схема анализа имеет многоуровневое понимание через понятия и выражение смысла. В семиотическом треугольнике Ф. Пирса увязываются знаки-символы $f(y)$, соответствующие им понятия F_0 (значения) и денотаты $F(x)$ (определяемые предметы, явления). Считается [1], что знак $f(y)$ становится картографическим только при придании ему значения F_0 , т.е. при демонстрации соответствия знака содержанию предмета отображения $F(x) = f(y) + F_0$. Смыслом также называется безусловное предназначение $f(y)$ вещей, слов, понятий или действий $F(x)$. На следующем уровне последовательность знаков формирует текст $F(x)$, наделенный смыслом $f(y)$ и модальным значением F_0 , при этом смысл выражения может не иметь значения. Так, текст инструкции пользователя наделяет изделие смыслом, но может существовать отдельно. Далее совокупность текстовых описаний рассматривается как информация $F(x)$, для понимания которой выделяются общезначимые научные знания $f(y)$ и среда их проявления F_0 . Научный смысл – это понятия и законы действия, которые определяют абстрактно теоретические $f(y)$ и конкретные МТ-знания F_0 о предмете и объекте исследования соответственно. В научном плане смысл разработанного научного закона и метода заключается в их новизне, возможности инновационного решения исследовательских проблем и применения на практике.

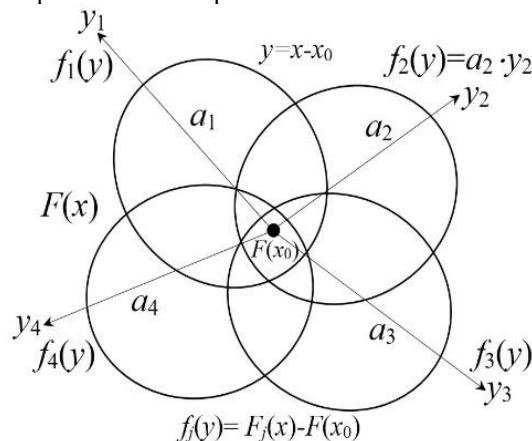


Рис. 4. Схема наложения смысловой информации – объяснения (круги Венна) и пересечения векторов $f_j(y) = a_j \cdot y_j$ ($j=1,2,3,4$) разной величины y_j и направленности a_j для выделения общего смыслового центра (значения нормы) $F(x_0)$ тематического слоя

Fig. 4. Scheme of overlapping semantic information – explanation (Venn circles) and intersections of vectors $f_j(y) = a_j \cdot y_j$ ($j=1,2,3,4$) of different sizes y_j and orientation a_j to highlight the common semantic center (norm values) $F(x_0)$ of the thematic layer

Функция слоя $f(y)$ в уравнении (5) раскрывается через скалярное произведение $f(y) = a \cdot y$ двух локальные векторов: расстояния от центра слоя $y = \{y_i\}$ и чувствительностей $a = \{a_i\}$, регламентирующих направления (вектор) действия (рис. 4). Векторы действия и множества (круги) информации находятся в слое, что нависает близко над поверхностью $F(x)$, которую слой касается в одной точке x_0 со значением $F(x) = F(x_0)$.

Теоретическая география

Черкашин А.К.

Во всяком смысловом выражении $f(y)=F(x)-F_0$ скрыто содержится смысловое значение $F(x)=F_0$ при $y=0$ (см. формулу (5)). Направленность действия можно изобразить стрелками вектора или кругами диаграммы Венна, пересечение которых выделяет это значение. В процессе исследования достоверные данные последовательно преподносятся в направлении прояснения смыслового значения объекта. По данным $F(x)$ статистически это достигается методами регрессионного анализа по формулам (1) – (5), а логически через процедуру конъюнкции & – одновременного выполнения нескольких осмысленных утверждений, что представлено на рис. 4 пересечениями кругов, каждый из которых несет тематическую информацию о геосистеме, и в единстве они выделяют область существования центра F_0 слоя, что соответствует типу геосистемы определенного иерархического уровня. С этой целью на маршрутах следования, отвечая на разные вопросы, географ заполняет таблицы данных ландшафтных описаний или социально-экономической статистики. В описательной науке доступно пониманию лишь полное единство (пересечение данных, знаний, моделей) коррелирующих смыслов, что используется при географическом синтезе данных, особенно при создании синтетических карт типологии и районирования территории.

Полнота покомпонентного географического описания обеспечивает точность распознавания (идентификации) смыслового центра, что достигается, например, при определении типа геосистемы в легенде ландшафтно-типологической карты и границ на карте ландшафтного районирования. Так, А.А. Крауклис [11] обращал внимание на то, что для определения типа фаций необходимо знать все множество характеристик ее переменных состояний, представляющих природный режим. По списку характеристик в буферной зоне Байкальской природной территории среди прочих выделяются [8] границы Янчукан-Котерского котловинного ландшафта долинных сосновых брусничных лишайниковых лесов с елью, тополем и чозенией в сочетании с ерниковыми и сфагновыми болотами на позднеплейстоценовых террасовалах на аллювиальных и флювиогляциальных песках, валунных галечниках и супесях с прослоями торфяников, с процессами эоловой аккумуляции. Все эти сведения атрибутируются в базах данных и знаний ГИС, используются для визуализации пространственной информации и прогнозирования, основываясь на сетке границ типологии и районирования. Это происходит по процедуре ландшафтно-интерпретационного картографирования путем переклассификации легенды [6, 13]. В данном случае выполняется конструирование нового самостоятельного смысла $f(y)$ (темы) через развертывание структуры смыслового поля нормативных значений $F(x_0)$ (карты, многообразия, базовой целостности) (рис. 1).

Интерпретация – в общем случае теоретико-познавательная категория и соответствующий метод научного познания, направленный на понимание внутреннего содержания F_0 интерпретируемого объекта $F(x)$ через изучение его внешних проявлений $f(y)$ (связи знаков, символов, изобразительных средств, относительных переменных $y=\{y_i\}$). В методологии герменевтики интерпретация занимает центральное место, где процедура выявления смысла $f(y)$ и значения F_0 изучаемого объекта $F(x)$, согласно уравнению (1), становится основной задачей исследователя. Смысл $f(y)$, одинаковый для всех случаев F_0 , выражает системные законы определенного рода (теории), проявляющиеся в объекте наблюдения $F(x)$. В данном аспекте раскрывается триада традиционной связи «физика – геофизика – физическая география» или новых соотношений наук «экология – геоэкология – экологическая география». Первый элемент триады подразумевает существование чистых законов $f(y)$ соответствующих теорий, второй – изучение пространственно-распределенного (хорологического) действия этих законов в виде разнообразных полей Земли, третий – пространственное проявление законов с учетом особенностей влияния местной среды. В физической науке третий вариант принимается во внимание с помощью фазовых смещений и калибровочных полей $F(x_0)$, поэтому физика в этой области также является ГН-знанием. В географии пространственность $F(x)$ отображается на картах, например, при физико- или эколого-географическом картографировании на ландшафтной основе $F(x_0)$. По задачам пространственные (геоэкология, геоэкономика, геополитика и т.д.) науки отличаются от географических наук более высокого ГН-уровня.

Интерпретация – это также общенаучное понятие, понятие единой науки [23], операция выделения и придания нового содержательного смысла результатам опыта, терминам теории или математическим формулам, т.е. перевода с языка y одной системной теории $f(y)$ на язык y_1 другой $f_1(y)=f(y_1)$, что подразумевает полисистемность ИО, а также возможность разной и взаимной интерпретации для получения полноценного теоретического знания.

Аксиомы теории формируются по общей схеме $f(y)$, но в разных теориях используются различные системные понятия, доступные для интерпретации: $y \leftrightarrow y_1$, $f(y) \leftrightarrow f_1(y)$. Интерпретация своеобразно выражает тождество противоположностей различной информации без учета средовых особенностей F_0 . Подчеркивается внутреннее единство науки через формальную интерпретацию теорий и естественную интерпретацию результатов наблюдений и экспериментов в виде объяснения и моделирования [23].

Интерпретация – с позиции классического ГН-подхода – это степень понимания интерпретатором автора, интеграция предметного смысла в современную ситуацию и информации в современность, учитывая исторический (географический) характер мышления интерпретатора. В частности, интерпретация есть реконструкция смыслов, заложенных в нормативных документах территориального управления, и учет «погрешностей против местности», что следует принимать во внимание при применении их на практике [10]. Количественные методы ГН-анализа в форме мета-анализа и синтеза данных и знаний опубликованы ранее [26].

Теоретическая география

Черкашин А.К.

Главные принципы герменевтики можно кратко сформулировать, используя четыре «канона» Э. Бетти [19]: два из них относятся к объекту интерпретации, два – к субъекту. Первый канон автономии интерпретируемой информации требует от интерпретатора бережного отношения к ее инвариантному содержанию, что выражается в постоянстве и истинности системной функции (предиката) $F(x)=C$. Это аксиома существования и достоверности исходной информации (данных и знаний). Второй канон целостности, смысловой связанности требует соотнесения части и целого, т.е. эквивалентности функции $F(x)$ ее расслоению $\Phi(y)=\{f(y,x_0)\}$ на базе многообразия $F(x)=F(x_0)$ для прояснения смысла $f(y,x_0)$ и смыслового значения $F(x_0)=F_0$ распознаваемой информации. Это аксиома существования и эквивалентности объекта расслоения $F(x)$ и расслоенного пространства $\Phi(y)$ над многообразием $F(x)=F(x_0)$. Третий канон актуальности понимания требует перенесения воспринимаемой информации $F(x)$ в актуальность $F(x'_0)$ собственной геоисторической жизни, т.е. движения $x_0 \rightarrow x'_0$ по многообразию $F(x_0)$ с сохранением выявленного $f(y,x_0)=F(x)-F_0$ базового содержания $f(y)=f(y,x_0)$: $F(x)=f(y)+F(x'_0)$. Последний канон смыслового соответствия (адекватности) понимания, по сути, постулирует факт этого сохранения $f(y)=f(y,x_0)$, чтобы точно передать смысл $f(y)$ (нормативные правила, законы), заложенный в исходной информации. В геологических и географических исследованиях эти принципы позволяют судить о связях настоящего и прошлого, местного и удаленного, иерархически сложного и простого. Они связаны с методом актуализма, согласно которому геолого-географические процессы, что наблюдаются в настоящее время, такие же, какими они были в далеком прошлом, т.е. в каждой местности и во все времена действуют одни и те же законы природы $f(y)$, что не зависят от условий их проявления $F(x_0)$. Эти законы изучаются полисистемой специальных системных теорий, а все ИО исследуются герменевтическими средствами, основываясь на уравнениях типа (1) – (5).

Выводы

Имеющееся разнообразие герменевтических методов требует дополнительного системного анализа с использованием математических формализмов. Проведенное исследование позволяет утверждать, что методология герменевтики соответствует метатеоретическому уровню организации знаний, включающему универсальную (философскую) герменевтику, разные прикладные формы специального герменевтического анализа информации и математическую герменевтику, позволяющую формализовать процедуры объяснения и понимания информационных объектов – по существу процедуры расслоения, основанные на прикладном математическом анализе дифференциальной геометрии. География в метатеоретическом плане – это разновидность (форма) информационной герменевтики, нацеленной на обработку статистических данных о пространственно распределенных объектах (территориях). Важно осознание того, что герменевтика – не просто географический метод, а, напротив, география – неотъемлемая часть герменевтики в целом. Ни на каком ином уровне обобщения география не может быть понята как фундаментальная наука со своим индивидуальным предметом исследования – многообразием природной и социально-экономической среды. По этой причине есть потребность изложить герменевтическую метатеорию в приложении к задачам географической науки для адекватного понимания действительности, построения географической картины мира.

Входная геоинформация об объекте любой природы трактуется как неизвестная системная функция многих переменных – географических характеристик объекта. Предполагается, что такая функция (предикат) достоверно статистически описывает поверхность многообразия, касательные линии (плоскости) к которой в каждой выделенной точке в совокупности генерируют расслоенное пространство (полисистему), по частям отображающее системную функцию в каждом слое. Свойства слоя однозначно определяются функцией координат точки касания (нормой, центром ядра слоя) и уравнением (моделью) касательной плоскости в относительных переменных. Норма и модель в герменевтических терминах соответствуют смысловому значению и общезначимому смыслу обрабатываемой геоинформации. Модели одного рода систем объединяются в сквозные тематические (интер)теории, знания которых не зависят от условий среды (чистое знание). В теоретическом слое не бывает смысла вне системного контекста, но одновременно все системные смыслы эквивалентны с точностью до интерпретации понятий. Множество теорий собираются в полисистему науки, в которой каждый информационный объект трактуется как полисистема моделей (смыслов) разного рода, чем обусловлено разнообразие системных интерпретаций информационной герменевтики. Этим обеспечивается ее транс-, интер- и мультидисциплинарность. В герменевтике рассматривается интерпретация разных моделей через перевод знаний с одного системного языка на другой и интерпретация с целью придания абстрактным моделям смыслового значения путем мысленного погружения знаний в конкретную геоисторическую среду по правилу позиционности.

В последнем положении заключено содержание географического познания реальности через выделение многообразия земных сред, действующих на проявления универсальных законов в местных, региональных и планетарных масштабах. Картографической моделью такого многообразия являются синтетические ландшафтно-типологические карты и карты районирования как формы расслоения земного пространства на однородные ареалы по классификационным и функциональным качествам. Погружение (интерпретация) свойств объектов и их разных системных моделей в локальную среду обеспечивает создание тематических комплексных и системных карт. Таким образом решаются обратные через мета-анализ и прямые через метагеосистемный синтез задачи географической герменевтики.

Теоретическая география
Черкашин А.К.

Многие методы герменевтического толка давно используются в исследовании территорий, но впервые переосмысливаются как герменевтические процедуры, направленные на выделение смысловых значений наблюдаемых пространственных явлений – значений, интерпретируемых как условия природной и социально-экономической среды. Дополнительное использование математических соотношений обеспечивает статистическую обработку исходных данных с выделением параметров среды и учет условий среды при решении прикладных задач географической экспертизы, планирования, проектирования и прогнозирования, научного обоснования и практического обеспечения охраны природы и рационального природопользования.

Библиографический список

1. *Асланикашвили А.Ф.* Метакартография: Основные проблемы. Тбилиси: Мецниереба, 1974. 125 с.
2. *Гемпель К.Г.* Логика объяснения. М.: Дом интеллектуальной книги; Русское феноменологическое общество (ДИК, РФО), 1998. 237 с.
3. Геофизика / под ред. В.К. Хмелевского. М.: «КДУ», «Добросвет», 2018. 978-5-7913-1031-6. URL: <https://bookonlime.ru/node/559/> (дата обращения: 15.12.2022)
4. *Ивин А.А.* Логика оценок и норм. Философские, методологические и прикладные аспекты. М.: Проспект, 2022. 320с.
5. *Ивин А.А., Никифоров А.Л.* Понимание: словарь по логике. М.: Туманит, изд. центр ВЛАДОС. 1997. URL: <https://azbyka.ru/otechnik/Spravochniki/slovar-po-logike/300> (дата обращения: 15.01.2023).
6. *Исаченко А.Г.* Методы прикладных ландшафтных исследований. Ленинград: Наука, 1980. 222 с.
7. *Казанский В.Л.* Исследование российского культурного ландшафта как целого и некоторые его результаты // Международный журнал исследований культуры, 2011. № 4 (5). С. 26–40.
8. *Коновалова Т.И.* Ландшафты буферной зоны Байкальской природной территории // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2022. Т. 40. С. 58–69.
9. *Космачев К.П.* Географическая экспертиза: Методологические аспекты. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1981. 109 с.
10. *Космачев К.П.* Новое в теории географической экспертизы // География и природные ресурсы. 1985. № 1. С.11–19.
11. *Крауклис А.А.* Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 233 с.
12. *Кропотов С.Л.* Герменевтика уральского ландшафта // Журнал ZAART URL: <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/uchd/plan/aspir.php> (дата обращения: 25.11.2022)
13. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / под ред. А.К. Черкашина. Новосибирск: Наука, 2005. 424 с.
14. *Малахов В.С.* Герменевтика // Большая российская энциклопедия [в 35 т.]. М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
15. *Миронов В.А.* Герменевтический и исторический аспекты геологического познания в концепции Р. Фродемана // Философия науки. 2016. № 1 (68). С. 86–100.
16. *Миронов В.А.* Философско-методологические проблемы геологии XIX века как предпосылка к развитию нарративных и герменевтических исследований геологического познания // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2017. № 40. С. 61–66.
17. *Михеев В.С., Ряшин В.А.* Ландшафты юга Восточной Сибири (карта М 1:1500000). М.: ГУГК, 1977. 4 л.
18. *Родоман Б.Б.* Позиционный принцип и давление места // Вестник Моск. ун-та, география. 1979. № 4. С. 14–20.
19. *Россиус Ю.Г.* О теории интерпретации Э. Бетти // История философии. 2013. № 17. С. 83–89.
20. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
21. *Тисельтон Э.* Герменевтика. Черкассы: Коллоквиум, 2011. 430 с.
22. *Хинтика Я.* Философские исследования: проблемы и перспективы // Вопросы философии. 2011. № 7. С. 3–17.
23. *Черкашин А.К.* Двухуровневая концепция единой науки о природе и обществе // Общество. Среда. Развитие. 2019. № 4. С. 3–11.
24. *Черкашин А.К.* Теоретическая и метатеоретическая география // Географический вестник = Geographical bulletin, 2020. № 1 (52). С. 7–21.
25. *Черкашин А.К.* Геосистемы и географическая среда // География и природные ресурсы. 2021. № 1. С. 5–15.
26. *Черкашин А.К.* Особенности географического мета-анализа // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 2 (57). С. 6–21.
27. *Черкашин А.К.* Метатеоретическая медицина: математический, методологический и статистический анализ // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2022. № 3. С. 63–86.
28. *Черкашин А.К.* Предмет географических исследований: метатеоретический подход // Известия РГО. 2022. Т. 15, № 2. С. 1–19.
29. *Черкашин А.К., Красноштанова Н.Е.* Мета-анализ демографической реакции населения разных стран на распространение коронавируса COVID-19 // Народонаселение. 2022. Т. 25, № 1. С. 141–154.
30. *Bellentani F.* Landscape as Text // Concepts for Semiotics. Tartu: University of Tartu Press, 2013. P. 76–87.
31. *Blumenberg H.* Die Lesbarkeit der Welt. Suhrkamp, 1986. 432 p.
32. *Bruce B.J.* (ed.) Place, Space and Hermeneutics // Series: Contributions to Hermeneutics. Springer, 2017. Vol. 5. 531 p.
33. *Drenthen M.* Environmental Hermeneutics and the Meaning of Nature // The Oxford Handbook of Environmental Ethics. 2017. P. 1–15.
34. Interpreting Nature: The Emerging Field of Environmental Hermeneutics / eds. B. Treanor, M. Drenthen, D. Utsler, F. Clingerman. New York: Fordham University Press, 2013. 400 p.
35. *Frodean R.* Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science // Geological Society of America Bulletin. 1995. No. 107. P. 959–968.
36. *Furia P.* A Hermeneutic Introduction to Maps // Études Ricoeuriennes. Ricoeur Studies. 2021. Vol. 12, No. 2. P. 57–71.
37. *Gould M.D.* GIS Design: A Hermeneutic View // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 1994. Vol. 60, No. 9. P. 1105–1115.

Теоретическая география
Черкашин А.К.

38. Livingstone D.N. Science, Space and Hermeneutics. Heidelberg: University of Heidelberg, 2002. 116 p.

39. Livingstone D.N. Putting science in its place: geographies of scientific knowledge. Chicago: The University of Chicago Press, 2003. 244 p.

40. Raab T., Frodeman R. What is it like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications // *Philosophy & Geography*. 2002. Vol. 5, No. 1. P. 69–71.

References

1. Aslanikashvili, A.F. (1974), *Metakartografiya: Osnovnye problem* [Metacartography: The main problems], Tbilisi, Mecniereba, USSR.

2. Gempel, C.G. (1998), *Logika ob'yasneniya* [The logic of explanation], Moscow, Dom intellektual'noj knigi; Russkoe fenomenologicheskoe obshchestvo, Russia.

3. Geofizika [Geophysics], (2018). Hmelevskij, V.K. (ed.) Moscow, KDU, Dobrosvet., 978-5-7913-1031-6. URL: <https://book-online.ru/node/559/> (Retrieved 15.12.2022).

4. Ivin, A.A. (2022), *Logika ocenok i norm. Filosofskie, metodologicheskie i prikladnye aspekty* [The logic of assessments and norms. Philosophical, methodological and applied aspects], Moscow, Prospekt, Russia.

5. Ivin, A.A., Nikiforov, A.L. (1997), *Ponimanie, Slovar' po logike* [Understanding, Dictionary of Logic], Moscow, VLADOS, <https://azbyka.ru/otechnik/Spravochniki/slovar-po-logike/300> (Retrieved 15.01.2023).

6. Isachenko, A.G. (1980), *Metody prikladnyh landshaftnyh issledovanij* [Methods of applied landscape research], Leningrad, Nauka, USSR.

7. Kaganskij, V.L. (2011), Research of the Russian cultural landscape as a whole and some of its results, *Mezhdunarodnyj zhurnal issledovanij kul'tury*, no. 4 (5), pp.26-40.

8. Konovalova, T.I. (2022), Landscapes of the buffer zone of the Baikal natural territory, *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle*, vol. 40, pp. 58–69.

9. Kosmachyov, K.P. (1981), *Geograficheskaya ekspertiza: Metodologicheskie aspekty* [Geographical expertise: Methodological aspects], Novosibirsk, Nauka, USSR.

10. Kosmachev, K.P. (1985), Novel in the theory of geographical expertise, *Geografiya i prirodnye resursy*, no. 1, pp. 11–19.

11. Krauklis, A.A. (1979), *Problemy eksperimental'nogo landshaftovedeniya* [Problems of experimental landscape science.], Novosibirsk, Nauka, USSR.

12. Kropotov, S.L. Hermeneutics of the Ural landscape, *Zhurnal ZAART* <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/uchd/plan/aspir.php> (Retrieved 25.11.2022).

13. Cherkashin, A.K. (ed.) (2005), *Landshaftno-interpretacionnoe kartografirovanie* [Landscape map interpretations], Novosibirsk, Nauka, Russia.

14. Malahov, B.C. (2004—2017), *Hermeneutics*, The Great Russian Encyclopedia, Moscow, Bol'shaya rossijskaya enciklopediya, 2004—2017, Russia.

15. Mironov, V.A. (2016), Hermeneutical and historical aspects of geological cognition in R. Friedemann's concept, *Filosofiya nauki*, no.1(68), pp. 86-100.

16. Mironov, V.A. (2017), Philosophical and methodological problems of geology of the XIX century as a prerequisite for the development of narrative and hermeneutic studies of geological cognition, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sociologiya. Politologiya*, no.40, pp.61-66.

17. Miheev, V.S., Ryashin, V.A. (1977), *Landshafty yuga Vostochnoj Sibiri* [Landscapes of the South of Eastern Siberia] (map M 1:1500000), Moscow, 4 sheets, USSR.

18. Rodoman, B.B. (1979), Positional principle and location pressure, *Vestnik Moskovskogo universiteta, geografiya*, no. 4, pp. 14 – 20.

19. Rossius Yu.G. (2013), On the theory of interpretation by E.Betti, *Istoriya filosofii*, no.17, pp.83-89.

20. Sochava, V.B. (1978), *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the geosystems doctrine], Novosibirsk, Nauka, USSR.

21. Tisel'ton, E. (2011), *Germenevtika* [Hermeneutics], Cherkassy, Kollokvium, Russia.

22. Hintikka, J. (2017), Philosophical research: Problems and prospects, *Diogenes*, vol. 61 (2), pp. 3–16.

23. Cherkashin, A.K. (2019), Two-level concept of a unified science of nature and society, *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*, no. 4, pp. 3–11.

24. Cherkashin, A.K. (2020), Theoretical and metatheoretic geography, *Geograficheskij vestnik*, no.1(52), pp. 7–21.

25. Cherkashin, A.K. (2021), Geosystems and geographical environment, *Geografiya i prirodnye resursy*, no. 1, pp. 5–15.

26. Cherkashin, A.K. (2021), Geographical meta-analysis and its features, *Geographical bulletin*, no. 2(57), pp. 6–21.

27. Cherkashin, A.K. (2022), Metatheoretical medicine: mathematical, methodological and statistical analysis, *Slozhnost'. Razum. Postneklassika*, no.3, pp.63-86.

28. Cherkashin, A.K. (2022), Subject of geographical research: metatheoretical approach, *Izvestiya RGO*, vol.154, no. 2, pp.1-19.

29. Cherkashin, A.K., Krasnoshtanova, N.E. (2022), Meta-analysis of the demographic reaction of the different countries population to the spread of the COVID 19 coronavirus, *Narodonaselenie*, vol. 25, no. 1, pp. 141-154.

30. Bellentani, F. (2013), *Landscape as Text, Concepts for Semiotics*, Tartu: University of Tartu Press, pp. 76-87.

31. Blumenberg, H. (1986), *Die Lesbarkeit der Welt*, Suhrkamp. 1986. 432 S.

32. Bruce, B.J. (ed.) (2017), *Place, Space and Hermeneutics* // Series: Contributions to Hermeneutics, vol. 5, Springer, 531 p.

33. Drenthen, M. Environmental Hermeneutics and the Meaning of Nature, *The Oxford Handbook of Environmental Ethics*, 2017. pp.1-15.

34. Treanor, B., Drenthen, M., Utsler, D., Clingerman, F. (Eds.) (2013), *Interpreting Nature: The Emerging Field of Environmental Hermeneutics*. New York: Fordham University Press.

35. Frodeman, R. (1995), Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science, *Geological Society of America Bulletin*, no. 107, pp. 959–968.

Теоретическая география
Черкашин А.К.

36. Furia, P. (2021), A Hermeneutic Introduction to Maps, *Études Ricoeuriennes. Ricoeur Studies*, vol 12, no 2, pp. 57-71.
37. Gould, M.D. (1994), GIS Design: A Hermeneutic View, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 60, no. 9, pp. 1105-1115.
38. Livingstone, D.N. (2002), Science, Space and Hermeneutics, Heidelberg, University of Heidelberg.
39. Livingstone, D.N. (2003), Putting science in its place: geographies of scientific knowledge. Chicago, The University of Chicago Press.
40. Raab, T., Frodeman, R. (2002), What is it like to be a geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications, *Philosophy & Geography*, vol. 5, no. 1, pp. 69–71.

Статья поступила в редакцию: 21.02.23, одобрена после рецензирования: 11.09.24, принята к опубликованию: 12.12.24.

The article was submitted: 21 February 2023; approved after review: 11 September 2024; accepted for publication: 12 December 2024.

Информация об авторе

Александр Константинович Черкашин,
доктор географических наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории
теоретической географии,
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН;
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Information about the author

Alexander K. Cherkashin,
Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief
Researcher, Laboratory of Theoretical Geography,
V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences;
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia

e-mail: akcherk@irnok.net

Научное издание

Географический вестник
Geographical Bulletin

Выпуск №4(71)/2024

Редактор *А.С. Серебrenиков*
Корректор *С.А. Вороненко*
Компьютерная верстка *М.К. Пехтерева*

Подписано в печать 19.12.2024. Выход в свет 24.12.2024.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 23,25. Тираж 500 экз. Заказ № 153

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