

Географический вестник
= *Geographical bulletin*

Выпуск 3/2024

Научный журнал

Основан в 2005 году. Выходит 4 раза в год

Geographical Bulletin

Issue 3/2024

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)

Анимита 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., профессор
кафедры картографии и геоинформатики ПГНИУ
(Пермь, Россия)

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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,
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****Смирнов А.И.**

Генезис озера Тугар-Салган в западных предгорьях Южного Урала

6

Smirnov A.I.

The genesis of Lake Tugar-Salgan in the western foothills of the Southern Urals

Михайленко А.В., Рубан Д.А.

Ландшафтные особенности геосайтов (на примере Горной Адыгеи)

14

Mikhailenko A.V., Ruban D.A.

Landscape peculiarities of geosites (a case study of Mountainous Adygeya)

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ
И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ**

26

**ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL
GEOGRAPHY****Размахнина Ю.С.**

Трансформация влияния этнического фактора на итоги федеральных выборов (2003–2021) в Восточной Сибири

26

Rzma khnina Yu.S.

Transformation of the ethnic factor's influence on the results of federal elections (2003–2021) in Eastern Siberia

Теренина Н.К.

Динамика этнической неоднородности регионов России с 1959 по 2021 г.

38

Terenina N.K.

Dynamics of ethnic heterogeneity in Russian regions from 1959 to 2021

ГИДРОЛОГИЯ

49

HYDROLOGY**Калинин В.Г., Механошина Е.В.**

Пространственные закономерности внутригодового распределения стока рек водосбора Воткинского водохранилища

49

Kalinin V.G., Mekhanoshina E.V.

Territorial features of the intra-annual distribution of river flow on the Votkinsk Reservoir catchment

Шпакова Р.Н.

Скрытые гармонические колебания годового стока рек: возможность и целесообразность выявления и оценки

59

Shpakova R.N.

Hidden harmonic fluctuations of annual river flow: the possibility and expediency of identification and assessment

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

Особенности внутрисуточных колебаний показателей качества воды, наблюдаемых в Камском водохранилище

70

Lepikhin A.P., Lyubimova T.P., Bogomolov A.V., Oputin M.A., Sintsova T.N.

Features of intraday fluctuations in water quality indicators observed in the Kama Reservoir

МЕТЕОРОЛОГИЯ

83

METEOROLOGY**Калинин Н.А., Ветров А.Л.**

Особенности изменений индексов комфортности климата в Перми и городах-миллионниках Сибири в холодный и теплый периоды года

83

Kalinin N.A., Vetrov A.L.

Peculiarities of changes in climate comfort indices in the city of Perm and Siberian cities in cold and warm periods of the year

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в интенсивных циклонах Черноморско-Средиземноморского региона

95

Maslova V.N., Voskresenskaya E.N.

Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	113	ECOLOGY AND NATURE USE
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А. Оценка пространственно-временной динамики загрязнения реки Красной в Калининградской области	113	Spirin Yu.A., Zotov S.I., Taran V.S., Filimonova A.A. Assessment of the spatio-temporal dynamics of pollution of the Krasnaya River in the Kaliningrad region
Дрегуло А.М. Идентификация объектов накопленного вреда окружающей среде на основе первичных индикативных признаков деградации подземного пространства	125	Dregulo A.M. Identification of objects of accumulated environ- mental damage based on primary indicative signs of degradation of underground space
Дзюба Е.А. Природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края	139	Dziuba E.A. Natural-technogenic geochemical zoning of the Perm Territory
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ	152	RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM
Борзенков А.В. Сравнительный анализ подходов в понимании и развитии агротуризма и сельского туризма	152	Borzenkov A.V. Comparative analysis of approaches in the under- standing and development of agritourism and rural tourism
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И. Маркетинговые стратегии продвижения на глобальный и региональные рынки медицинского туризма	162	Grudtsyn N.A., Chistobaev A.I. Marketing strategies for promoting global and regional medical tourism markets
КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА	178	CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS
Судницына Т.В., Шихов А.Н. Разработка картографической базы данных об опасных гидрологических явлениях (на примере бассейна р. Камы)	178	Sudnitsyna T.V., Shikhov A.N. Developing a GIS database of hazardous hydrological events (with the Kama River basin as an example)

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.435.83

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-6-13

ГЕНЕЗИС ОЗЕРА ТУГАР-САЛГАН В ЗАПАДНЫХ ПРЕДГОРЬЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Александр Ильич Смирнов

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН),
г. Уфа, Россия
smalil@mail.ru

Аннотация. Озеро Тугар-Салган находится на территории Ишимбайского муниципального района Республики Башкортостан в 10 км к юго-востоку от г. Стерлитамак у подножья шихана Торатау. Несмотря на давно определенные морфометрические параметры озера, происхождение его в полной мере не выяснено. Генезис озера считается карстовым, но механизм образования и даже принадлежность его к типу карста по составу карстующихся пород не определены. Целью исследований является определение условий и факторов формирования озера Тугар-Салган – комплексного памятника природы республиканского значения. Исходными сведениями для статьи послужили данные государственной гидрогеологической съемки, съемки экзогенных геологических процессов и результаты полевых исследований автора 2022 г. Методы исследований – морфологическое и морфометрическое обследования чаши озера и ближайших форм рельефа его окрестностей. Установлено, что озеро расположено в тыловой части третьей надпойменной террасы долины р. Белой, а его образование связано с развитием карстового процесса в гипсах кунгурского яруса ранней перми. Распространение поверхностных проявлений сульфатного карста в районе озера находится в прямой зависимости от возраста элементов рельефа, на котором они сформированы и в обратной зависимости от мощности покрывающих карстующиеся гипсы некарстующихся отложений. Наряду с этим, главным фактором образования озера является ход формирования рельефа в неоген-четвертичное время. Карстовая котловина с озером находится в устье современного полуслепого эрозионно-карстового лога, а в раннем плейстоцене устье его открывалось в 8–9 км западнее, в палеодолине р. Белой. После заполнения палеодолины плейстоценовыми, а затем и плейстоценовыми осадками, средняя и устьевая части лога, а также карстовые формы рельефа были погребены под четвертичным аллювием. В тыловой части третьей надпойменной террасы долины р. Белой, в карстовой котловине, только частично заполненной глинистыми среднеплейстоценовыми осадками, и сформировалось озеро Тугар-Салган.

Ключевые слова: Республика Башкортостан, Ишимбайский район, Южное Предуралье, сульфатный карст, эрозионно-карстовый лог

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственной бюджетной темы № FMRS-2022-0010.

Для цитирования: Смирнов А.И. Генезис озера Тугар-Салган в западных предгорьях Южного Урала // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 6–13. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-6-13

PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-6-13

THE GENESIS OF LAKE TUGAR-SALGAN IN THE WESTERN FOOTHILLS OF THE SOUTHERN URALS

Aleksandr I. Smirnov

Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
smalil@mail.ru

Abstract. Lake Tugar-Salgan is located on the territory of the Ishimbay Municipal District of the Republic of Bashkortostan, 10 km southeast of the city of Sterlitamak, at the foot of Shikhan Toratau (Turataw). Despite the morphometric parameters of the lake established a long time ago, its origin is not fully clear. The genesis of the lake is considered to be karstic, but the formation mechanism and even its belonging to the type of karst based on the composition of the karst rocks have not been established. The purpose of the research is to determine the conditions and factors of the formation of Lake Tugar-Salgan, which is a complex natural monument of republican importance. Data from a state hydrogeologic survey, a survey of exogenous geologic processes, and the author's 2022 field survey served as source data for this article. Research methods employed in the study include morphological and morphometric surveys of the lake bed and of the nearest landforms in its vicinity. It has been established that the lake formation was connected with the development of karst process in the gypsum of the Kungurian Stage of the Early Permian and the lake is located in the rear part of the



Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.

third supra-flood terrace of the Belaya River valley. The distribution of surface manifestations of sulfate karst in the lake area is directly dependent on the age of relief elements on which they have been formed and inversely dependent on the thickness of non-karst sediments covering karst gypsum. Along with these, the main factor of the lake formation is the course of relief formation in the Neogene-Quaternary time. The karst basin with the lake is located at the mouth of the modern semi-blind erosion-karst ravine, and in the Early Pliocene its mouth opened 8–9 km to the west in the paleovalley of the Belaya River. After the paleovalley had been filled with Pliocene and then Pleistocene sediments, the middle and mouth parts of the ravine and the karst landforms were buried under Quaternary alluvium. It was in the rear part of the third supra-floodplain terrace of the Belaya River valley, in the karst basin only partially filled with clayey Middle Pleistocene sediments, where Lake Tugar-Salgan was formed.

Keywords: Republic of Bashkortostan, Ishimbay District, Southern Urals, sulfate karst, erosion-karst log, paleovalley

Funding. The study was carried out under state budget topic No. FMRS-2022-0010.

For citation: Smirnov, A.I. (2024) The genesis of Lake Tugar-Salgan in the western foothills of the Southern Urals. *Geographical Bulletin*. No. 3 (70). Pp. 6–13. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-6-13

Введение

Озеро Тугар-Салган («Озеро, которое поглотило лошадь», или «Обернулся и потерял», башк.) находится в северо-западной части Ишимбайского муниципального района Республики Башкортостан (РБ) в ~10 км к юго-востоку от юго-восточной окраины г. Стерлитамак, в 1,4 км к северу от вершины шихана Торатау и в 0,8 км к северу от его подножья (рис. 1 и 2).

Длина озера 385–395 м (СЮ), ширина 260 м (ЗВ) [4], в центре озера имеется небольшой карстово-эрозионный остров – останец (рис. 1 и 2). Питание озера преимущественно атмосферное, вода пресная и по химическому составу пригодная для питья. С. Пахотин, А. Беспамятный и Е. Гакашина в августе 2020 г. обследовали дно озера с использованием эхолота и составили 3D-карту озера. Ими установлено, что глубина его почти повсеместно не превышает 15 м и лишь на одном небольшом участке достоверно зафиксирована глубина в 28 м [3]. Дно озера сильно заилено.

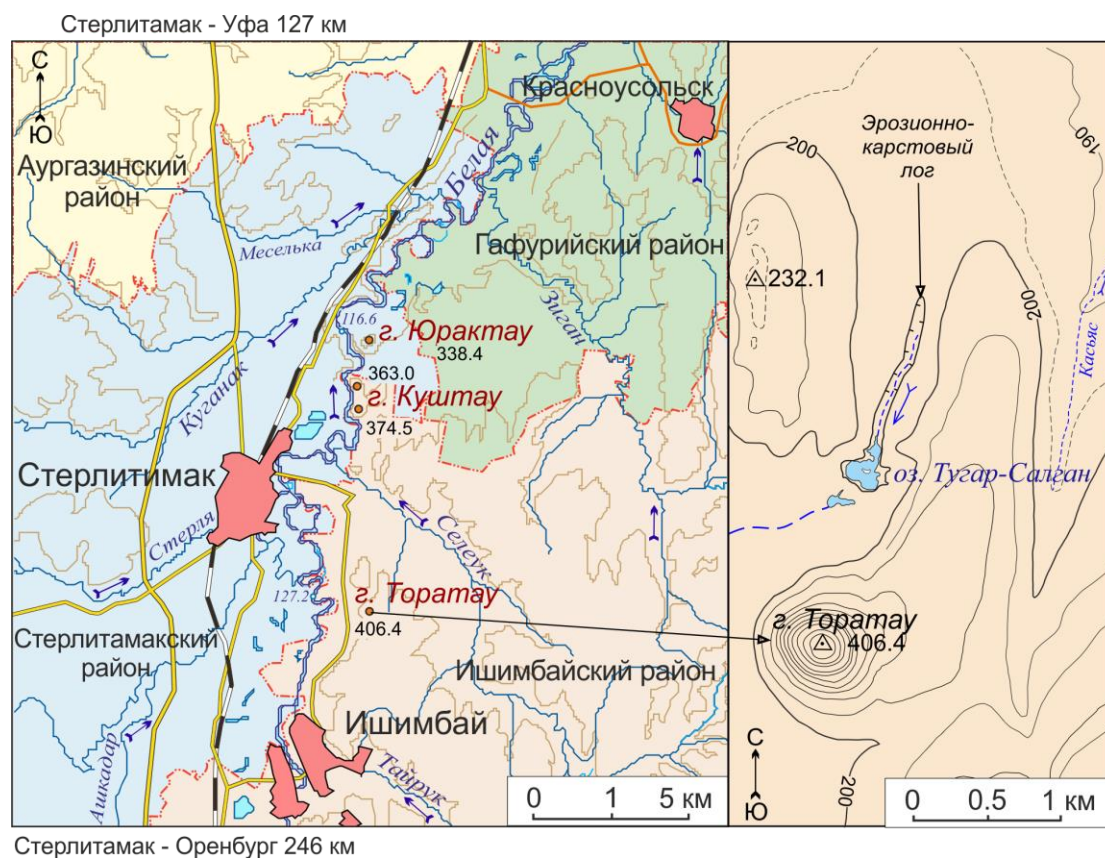


Рис. 1. Обзорная карта озера Тугар-Салган. Составил А.И. Смирнов, 2023 г.

Fig. 1. Overview map of Lake Tugar-Salgan. Prepared by A.I. Smirnov, 2023

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.



Рис. 2. Общий вид озера Тугар-Салган с северного склона г. Торатау и вид его (в нижнем левом углу рисунка) с юго-восточного берега. Фото А.И. Смирнова и Ш.И. Муслухова

Fig. 2. General view of Lake Tugar-Salgan from the northern slope of Toratau and its view (in the lower left corner of the picture) from the southeastern shore. Photo by A.I. Smirnov and Sh.I. Muslukhov

Озеро Тугар-Салган является комплексным памятником природы, образованным Постановлением СМ Башкирской АССР от 26.12.1985 № 212 [4].

Сведения об озере Тугар-Салган содержатся в ряде публикаций [1; 3; 12; 13 и др.]. Однако все они ограничиваются лишь морфометрическими параметрами озера и констатацией его карстового происхождения, но без характеристики условий образования озера и даже принадлежности его чаши к определенному типу карста по составу карстующихся пород.

У южного берега озера, перед входом на огороженную его территорию, установлен баннер «Геология озера Тугар-Салган» (рис. 3). Автор баннера не указан. Текстовая часть его представлена компиляционной выдержкой из Реестра ООПТ РБ [4, С. 212], графическая – блок-схемой карбонатного карстового массива, заимствованной, по мнению автора, из сети Интернет (<https://prirodainfo.ru/wp-content/uploads/2021/05/karst-formy-reljefa.jpg>), без конкретной привязки к местности. Под блок-схемой указывается, что озеро образовалось в карстовой котловине в результате растворения карбонатных (известняки) и сульфатных (гипсы) пород. Как будет показано ниже, возникновение озера связано исключительно с развитием сульфатного карста.

Таким образом, степень изученности озера Тугар-Салган в части его происхождения явно недостаточная.

Цель и исходные данные. Целью исследований является уточнение условий и факторов формирования озера Тугар-Салган. Исходными сведениями для исследований послужили данные геологических съемок (Синицын И.И., 1962 г.; Имаев Е.А., 1963 г.; Князев Ю.Г., 2020 г.; Утаев М.Ф., 2021 г.)¹, а также гидрогеологической съемки (Верзаков М.С., Постникова Л.М., 1964 г.), съемки экзогенных геологических процессов (Смирнов А.И., Ткачев В.Ф., 1986 г.) и данные полевых исследований автора 2022 г.

Методы исследований – морфологическое и морфометрическое обследования чаши озера и ближайших форм рельефа его окрестностей.

Общие сведения о районе исследований

В орографическом отношении озеро Тугар-Салган и его ближайшие окрестности находятся в пределах холмисто-увалистых предгорий западного склона Южного Урала [8]. К западу от озера простираются широкие и плоские речные террасы долины р. Белой с абсолютными отметками от 130 до 160 м. С востока, северо- и юго-востока озеро окружают выположенные водораздельные пространства Тайрук-Селеукского междуречья с абсолютными отметками до 230 м. В 1,4 км к запад-юго-западу от озера находится самый высокий шихан Торатау (406,4 м, абс.), возвышающийся над окружающей местностью на 220–240 м (рис. 1).

¹ Здесь и далее в круглых скобках приведены авторы и годы составления производственных отчетов, хранящихся в Башкирском республиканском геологическом фонде Минэкологии РБ и в Башкортостанском филиале ТФГИ по Приволжскому федеральному округу.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.



Рис. 3. Баннер озера Тугар-Салган. Автор не указан. Фото А.И. Смирнова, 2022 г.
Fig. 3. Banner of Lake Tugar-Salgan. The author is not specified. Photo by A.I. Smirnov, 2022

В геолого-тектоническом отношении озеро Тугар-Салган находится на восточном борту Предуральяского прогиба [5]. К западу от него развиты аллювиальные среднеплейстоцен-голоценовые образования, верхняя часть которых мощностью до 8 м представлена супесями, суглинками и глинами, нижняя – песчано-гравийными и гравийно-галечными отложениями средней мощностью около 10 м. К востоку, северо- и юго-востоку от озера развиты породы кунгурского яруса ранней перми мощностью 100–400 м. Представлены они гипсами с тонкими прослоями мергелей и песчаников. Под гипсами на различной глубине (до 50 м) залегают ангидриты с прослоями доломитов. Шихан Торатау сложен рифогенными известняками ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми общей мощностью не менее 700–800 м, окруженных более молодыми осадочными породами.

В геоморфологическом отношении район исследований характеризуется структурно-денудационным типом рельефа. В конце миоцена, после общей пенеплинизации Южного Урала и Предуралья (около 20 млн лет), район озера испытал значительное региональное поднятие и вступил в фазу континентального режима формирования рельефа. Основные черты его сформировались к раннему плиоцену (около 5 млн лет) [2; 6; 7; 15].

Климат района исследований континентальный со среднегодовой температурой 2,4 °С (здесь и далее данные по гидрометеостанции «Стерлитамак»). Самым жарким месяцем года является июль со средней температурой воздуха 19,0–19,8 °С и абсолютным максимумом 40,2 °С (1952 г.), а самым холодным – январь с абсолютным минимумом 47,6 °С (1943 г.) и средней температурой 15,5–15,7 °С. Годовая сумма осадков составляет в среднем 460 мм, из которых 60–70 % приходится на тёплый период года.

Гидрогеологические условия на уровне современного активного водообмена подземных вод в районе озера представлены двумя основными водоносными горизонтами: аллювиальным плейстоценовым и кунгурским. Первый приурочен к песчано-галечным и суглинистым отложениям речных террас, второй – к галогенным породам кунгурского яруса и содержит трещинно-карстовые воды.

Воды аллювиального водоносного горизонта в основном соответствуют ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая», а воды кунгурского горизонта из-за повышенной минерализации (1,9–3,0 г/дм³) не пригодны для питьевого водоснабжения [10].

Особенностью гидрогеологических условий кунгурского водоносного горизонта, оказывающих существенное влияние на развитие карстовых форм, является наличие поноров, переводящих поверхностный сток в подземный.

Состав вод кунгурского водоносного горизонта сульфатный кальциевый с минерализацией 2,0–2,2 г/дм³ [10].

Шихан Торатау в гидрогеологическом отношении, по мнению ряда исследователей (Сыров Х.П., 1954 г.; Рудченко Л.А., 1964 г.; Верзаков М.С., Постникова Л.А., 1964 г. и др.), представляет собой изолированную гидрогеологическую структуру нижнепермских рифов. На уровне современного эрозионного вреза он содержит инфильтрационные воды грунтового типа в ассельско-артинских карбонатах, пригодные для питья, с минерализацией воды до 0,5 г/дм³.

Результаты исследований

Типы карста. В общей схеме районирования карста Южного Урала и Предуралья [9] озеро Тугар-Салган находится на восточной окраине карстовой страны Восточно-Европейской равнины.

Климато-метеорологические факторы района озера определяют однотипный характер развития карста по условиям питания карстовых вод. По соотношению осадков и испарения район исследований, как и вся территория Южного Предуралья (за исключением Уфимского плато, входящего в зону избыточного увлажнения), относится к карсту умеренного питания подземных вод с коэффициентом увлажнения около единицы.

На основе анализа собранного материала (см. выше исходные данные) составлена карта карста озера Тугар-Салган и его окрестностей (рис. 4), на которой отражены типы карста по составу карстующихся пород, его поверхностные и подземные формы.

На рассматриваемой территории развит преимущественно сульфатный карст и только на шихане Торатау – карбонатный. Характеристика карбонатного карста достаточно подробно приведена в [11].

Озеро Тугар-Салган и его ближайшие окрестности находятся в районе распространения сульфатного карста, обусловленного его развитием в гипсах кунгурского яруса ранней перми. Обнажения их наблюдаются в бортах крупных карстовых воронок и котловин, а у северного подножья шихана Тоаратау, в 0,7 км к юго-западу от озера, в гипсах зафиксирована небольшая пещера (рис. 4) [11].

Закономерности распространения карстовых форм. В днище долины р. Белой карстовые формы рельефа представлены блюдце-, реже чашеобразными воронками с поперечником обычно до 50 м и глубиной не более 15 м. Хорошо выраженной особенностью их распространения является прямая связь частоты встречаемости карстовых воронок и образованных ими полей от возраста поверхностей, на которых они сформированы. Минимальна она на самых молодых элементах рельефа – пойме и первой надпойменной террасе долины р. Белой, а также её притоков (голоцен и верхний плейстоцен). Неглубокие (не более 3 м) и небольшие по размерам (до 20–25 м) карстовые воронки на них встречаются очень редко, а наиболее значительные из них распространены в границах третьей надпойменной террасы (средний плейстоцен). При этом на высоких речных террасах глубины воронок увеличиваются до 15 м, что обусловлено увеличением в их пределах мощности зоны аэрации.

На водораздельных пространствах, формирование которых началось ещё в раннем плиоцене [2; 7; 14], карстовые формы рельефа распространены в основном в придолинной части р. Белой на увале с абсолютной отметкой 232,1 м (рис. 4). Гипсы кунгура здесь выведены на поверхность или прикрыты маломощным (не более 5 м) чехлом элювия-делювия. Представлены они чаше- и конусообразными воронками диаметром 10–50 м и глубиной до 15 м. Плотность воронок в пределах образованных ими карстовых полей достигает 200 шт. на 1 км². К юго-востоку от указанного увала, где мощность суглинисто-глинистого неоген-четвертичного элювия-делювия превышает более 10 м, современные карстовые формы рельефа практически не встречаются.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.

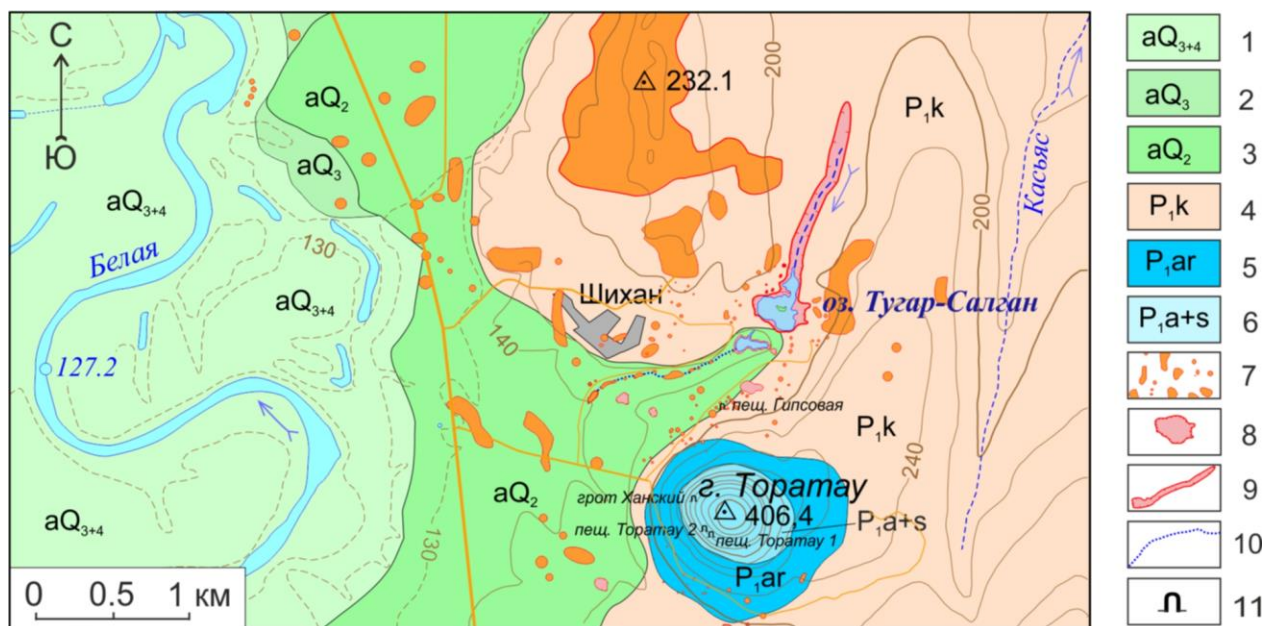


Рис. 4. Карта карста озера Тугар-Салган и его окрестностей. Составил А.И. Смирнов, 2023 г.

Условные обозначения. Типы карста: по составу карстующихся пород и характеру их перекрытия некарстующимися отложениями. Сульфатный: 1–3 – перекрытый (подаллювиальный или камский), 4 – покрытый (подэлювиальный или средневропейский); карбонатный: 5 – перекрытый (подколлювиально-делювиальный), 6 – открытый (голый или средиземноморский). Геологические индексы горных пород: aQ₃₊₄ – неоплейстоцен верхнее звено и голоцен (аллювий поймы и I надпойменной террасы долины р. Белой), aQ₃ – неоплейстоцен верхнее звено (аллювий II надпойменной террасы долины р. Белой), aQ₂ – неоплейстоцен среднее звено (аллювий III надпойменной террасы долины р. Белой). Приуральский (ранний) отдел пермской системы: P_{1k} – кунгурский ярус, P_{1ar} – артинский ярус, P_{1a+s} – ассельский и сакмарский ярусы объединённые; 7 – карстовые поля и отдельные воронки; 8 – карстовые котловины; 9 – эрозионно-карстовый лог; 10 – предполагаемый подземный поток; 11 – пещера, грот

Fig.4. Karst map of Lake Tugar-Salgan and its vicinity. Prepared by A.I. Smirnov, 2023

Legend. Types of karst: by composition of karst rocks and character of their overlapping with non-karst sediments. Sulphate: 1–3 – overlapped (suballuvial or Kama); 4 – covered (subeluvial or Middle European); carbonate: 5 – covered (subcoluvial-deluvial); 6 – open (bare or Mediterranean). Geological indices of rocks: aQ₃₊₄ – Upper Neopleistocene and Holocene (alluvium of the floodplain and I supra floodplain terrace of the Belaya River valley); aQ₃ – Upper Neopleistocene (alluvium of II supra floodplain terrace of the Belaya River valley); aQ₂ – Middle Neopleistocene (alluvium of III supra floodplain terrace of the Belaya River valley). Ural (early) section of the Permian system: P_{1k} – Kungurian Stage, P_{1ar} – Artinskian Stage, P_{1a+s} – Asselian and Sakmarian stages combined; 7 – karst fields and separate sinkholes; 8 – karst basins; 9 – erosion-karst ravine; 10 – supposed underground stream; 11 – cave, grotto

Таким образом, распространение поверхностных проявлений сульфатного карста в окрестностях озера находится в прямой зависимости от возраста элементов рельефа, на котором они сформированы, и в обратной зависимости от мощности покрывающих карстующиеся гипсы некарстующихся отложений.

Подземные формы проявления сульфатного карста в окрестностях озера представлены только одной пещерой – Гипсовой (рис. 4) – длиной 8 м [11]. Это пещера-понор, которая дренирует водоносный горизонт гидрогеологической структуры нижнепермского рифа Торатау и уводит через понор подземный сток инфильтрационных вод в четвертичный аллювий долины р. Белой. Других пещер по берегам озера и в ближайших его окрестностях в гипсах кунгура на 01.01.2023 не зафиксировано.

Образование озера Тугар-Салган, по мнению автора, объясняется ходом формирования рельефа в неоген-четвертичное время и представляется следующим образом.

Карстовая котловина с озером находится в устье современного полуслепого эрозионно-карстового лога, верховье которого расположено в 1,6–1,7 км севернее озера (рис. 4). В раннем плиоцене Южное Предуралье испытало значительное региональное поднятие, которое обусловило глубокий врез речных долин [5; 6; 15] и резкую активизацию развития экзогенных геологических процессов, в том числе и карста. Вполне естественно, что устье лога в это время открывалось в палеодолине р. Белой, глубина вреза которой на широте г. Стерлитамака по отношению к её современному руслу достигало 110 м (Верзаков, Постникова, 1964 г.). После заполнения палеодолины плиоценовыми, а затем и плейстоценовыми осадками средняя и устьевая части лога были погребены четвертичным аллювием. Тальвег погребённого

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.

лога, заложенного в раннем эоплейстоцене (2,5–2,6 млн лет), а, возможно, и много раньше, чётко прослеживается цепочкой современных карстовых воронок, протягивающейся к западу от озера на поверхности третьей надпойменной террасы долины р. Белой (рис. 4). В тыловой части третьей надпойменной террасы долины р. Белой в карстовой котловине, только частично заполненной глинистыми среднеплейстоценовыми осадками, и сформировалось озеро Тугар-Салган. Приуроченность озера к тыловой части III надпойменной террасы долины р. Белой позволяет предполагать, что озеро начало формироваться после заполнения устьевой и средней части эрозионно-карстового лога в среднем неоплейстоцене (рис. 4).

Заключение

Исследованиями установлено.

Условием образования озера является развитие сульфатного карста в гипсах кунгурского яруса раннепермской системы. Оно сформировалось в карстовой котловине в устье современного полуслепого эрозионно-карстового лога, заложенного ещё в раннем плиоцене.

Определяющим фактором образования озера является ход формирования рельефа в неоген-четвертичное время. Исходя из расположения современных элементов рельефа, озеро начало формироваться в конце среднего неоплейстоцена после накопления аллювиальных отложений III надпойменной террасы долины р. Белой.

Полученные результаты исследований дополняют характеристику ранее отсутствующими данными о генезисе и возрасте комплексного памятника природы озера Тугар-Салган, которые имеют важное значение для дальнейших палеогеографических исследований.

Библиографический список

1. Антонов К.В., Грабовская А.П. Стерлитамакские шиханы: от истоков геологической истории образования до наших дней // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: мат-лы Всероссийской научно-исследовательской конференции, Оренбург, 25 апреля 2019 года. Оренбург: Южный университет (ИУБиП), 2019. С. 56–59.
2. Борисевич Д.В. Неотектоника Урала // Геотектоника. 1992. № 1. С. 57–67.
3. Пахотин С. Экспедиция на озеро Тугар-Салган и шихан Торатау. Свердловское областное отделение Русского географического общества. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/ekspediciya-na-ozero-tugar-salgan-i-shihan-toratau>.
4. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения: Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, 2020, ООО «Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности», 2020, ФГБНУ Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, 2020. Изд. 4-е, перераб. Воронеж: ИП Коновалов И.С., 2020. 404 с.
5. Пучков В.Н. Особенности геологического строения геопарка «Торатау» // Геологический вестник. 2019. № 3. С. 18–49. doi: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-3>.
6. Рождественский А.П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 286 с.
7. Рождественский А.П. Новейший тектогенез и современная гидросфера // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды: матер. междунар. науч.-практ. конф. Пермский ун-т. 1997. С. 79–80.
8. Смирнов А.И. Генетические типы и формы рельефа // Атлас Республики Башкортостан. Правительство Республики Башкортостан. Уфа, 2005. С. 65.
9. Смирнов А.И. Виды и современная активность развития опасных геологических процессов на Южном Урале и в Предуралье // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2022. № 2. С. 338–347.
10. Смирнов А.И., Соколов Ю.В. Ишеевский участок – уникальный карстово-спелеологический объект Южного Предуралья. Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153, № 3. С. 63–75. doi: <http://doi.org/10.31857/S086960712103006X>.
11. Смирнов А.И., Соколов Ю.В., Муслухов Ш.И. Спелеологические объекты шихана Торатау. Геологический вестник. 2022. № 3. С. 114–127. doi: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2022-3-10>
12. Хисматуллин И.Р. Стерлитамакские шиханы: современное состояние и природоохранное положение комплексных памятников природы // Вестник магистратуры. 2014. № 5-1 (32). С. 52–55.
13. Хисматуллин И.Р. Стерлитамакские шиханы: история исследования и научное значение геологических памятников природы // Молодой ученый. 2014. № 4. С. 407–409.
14. Яхимович В.Л. Этапы геологического развития Башкирского Предуралья в неогене // Стратиграфия неогена востока Европейской части СССР. М.: Недра, 1971. С. 45–64.
15. Яхимович В.Л. и др. Характеристика геологических рубежей в плиоцене и плейстоцене Волго-Уральской ой области / Плиоцен и плейстоцен Волго-Уральской области. М.: Наука, 1981. 175 с.

References

1. Antonov K.V., Grabovskaja A.P. Sterlitamakskie shihany: ot istokov geologicheskoy istorii obrazovaniya do nashih dnei // Molodezhnaja nauka v XXI veke: tradicii, innovacii, vektory razvitiya: mat-ly Vserossijskoj nauchno-issledovatel'skoj konferencii. 2019. P. 56–59, Russia.
2. Borisевич D.V. Neotektonika Urala // Geotektonika. 1992. № 1. P. 57–67, Russia.
3. Pahotin S. Ekspediciya na ozero Tugar-Salgan i shihan Toratau. Sverdlovskoe oblastnoe otdelenie Russkogo geograficheskogo obshchestva. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/ekspediciya-na-ozero-tugar-salgan-i-shihan-toratau>, Russia.
4. Reestr osobo ohranyaemy`x prirodny`x territorij respublikanskogo znacheniya: Ministerstvo prirodopol`zovaniya i e`kologii Respubliki Bashkortostan, 2020, ООО "Nauchno-issledovatel`skij institut bezopasnosti zhiznedeyatel`nosti", 2020, FGBNU Ufimskij institut biologii UFICz RAN, 2020. Izd. 4-e, pererab. Voronezh: IP Konovalov I.S., 2020. 404 p, Russia.
5. Puchkov V.N. Osobennosti geologicheskogo stroeniya geoparka "Toratau" // Geologicheskij vestnik. 2019. № 3. P. 18–49, Russia. doi: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-3>

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Смирнов А.И.

6. Rozhdestvenskij A. P. Novejshaya tektonika i razvitie rel'efa Yuzhnogo Priural'ya. M.: Nauka, 1971. 286 p, Russia.
7. Rozhdestvenskij A.P. Novejshij tektogenez i sovremennaya gidrosfera // Inzhenerno-geologicheskoe obespechenie nedroispol'zovaniya i ohrany` okruzhayushhej sredy`: Mater. / Mezhdunar. nauch./prakt. konf. Permskij un-t, 1997. P. 79–80, Russia.
8. Smirnov A.I. Geneticheskie tipy i formy rel'efa // Atlas Respubliki Bashkortostan. Pravitel'stvo Respubliki Bashkortostan. Ufa, 2005. P. 65, Russia.
9. Smirnov A.I. Types of karst and modern activity of its development in the Southern Urals and in the Cis-Urals; Materials of the International Symposium "Karst studies – XXI century: theoretical and practical value", Perm, 2004, P. 90–94, Russia.
10. Smirnov A.I., Sokolov Yu.V. Isheevskij uchastok – unikal'nyj karstovo-speleologicheskij ob"ekt Yuzhnogo Predural'ya Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva. 2021. T. 153. № 3. P. 63–75, Russia.
11. Smirnov A.I., Sokolov Yu.V., Musluhov Sh.I. Speleologicheskie ob"ekty shihana Toratau. Geologicheskij vestnik. 2022. № 3. P. 114–127, Russia. doi: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2022-3-10>
12. Xismatullin I.R. Sterlitamakskie shixany`: sovremennoe sostoyanie i prirodooxrannoe polozhenie kompleksny`x pamyatnikov prirody` // Vestnik magistratury`. 2014. № 5-1 (32). P. 52–55, Russia.
13. Xismatullin I.R. Sterlitamakskie shixany`: istoriya issledovaniya i nauchnoe znachenie geologicheskix pamyatnikov prirody` // Molodoj ucheny`j. 2014. № 4. P. 407–409, Russia.
14. Yaximovich V.L. Jetapy geologicheskogo razvitija Bashkirskogo Predural'ja v neogene // Stratigrafija neogena vostoka Evropejskoj chasti SSSR. M.: Nedra, 1971. P. 45–64, Russia.
15. Yaximovich V.L. Charakteristika geologicheskix rubezhej v pliocene i plejstocene Volgo-Ural'sk oj oblasti / Pliocen i plejstocen Volg o-Ural'skoj oblasti. M.: Nauka. 1981. 176 p, Russia.

Статья поступила в редакцию: 26.07.2023, одобрена после рецензирования: 06.11.2023, принята к опубликованию: 12.09.2024.
The article was submitted: 26 July 2023; approved after review: 6 November 2023; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Александр Ильич Смирнов

кандидат геолого-минералогических наук,
Институт геологии,
Уфимский федеральный исследовательский центр
Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН);
450054, г. Уфа, пр-т Октября, 71

Information about the authors

Aleksandr I. Smirnov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal
Research Center of the Russian Academy of Sciences;

71, prospekt Oktyabrya, Ufa, 450054, Russia

e-mail: smalil@mail.ru

Научная статья

УДК 502.62 (470.621)

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-14-25

**ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОСАЙТОВ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРНОЙ АДЫГЕИ)**Анна Владимировна Михайленко¹, Дмитрий Александрович Рубан²^{1, 2} Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия¹ avmihaylenko@sfedu.ru, Scopus Author ID: 55971159100, Researcher ID: A-8847-2017, SPIN-код: 2036-3311² ruban-d@mail.ru, Scopus Author ID: 8520926600, Researcher ID: W-7434-2019, SPIN-код: 5671-0800

Аннотация. Физико-географические составляющие геологического наследия представляют значительный исследовательский интерес. Однако многие из них все еще недостаточны изучены, несмотря на увеличивающееся к ним внимание в отечественной и зарубежной науке. Целью данного исследования является анализ ландшафтных особенностей геосайтов (основная инситу форма геологического наследия) Горной Адыгеи, которая представляет собой крупный центр георазнообразия в западной части Большого Кавказа. В основу работы положены материалы, собранные в ходе многолетних исследований. На изученной территории выделяются основные типы ландшафтов, наличие которых затем устанавливается в каждом из семнадцати геосайтов. Определяются распространенность типов ландшафтов в совокупности геосайтов и ландшафтное разнообразие каждого из них. Соответствующие величины также корректируются с учетом размеров геосайтов. По результатам исследования установлено, что среди пяти основных типов ландшафтов наибольшим распространением пользуются природно-антропогенные и низкогорные с широколиственными лесами, а наименьшим – высокогорные луговые. Учет размера геосайтов позволяет обратить внимание на сравнительно большую распространенность ландшафтов и двух других типов: среднегорных со смешанными лесами и пойменных луговых. Разнообразие ландшафтных особенностей геосайтов Горной Адыгеи ограничено, однако оно возрастает в наиболее крупных из них (например, Лагонакское нагорье представляют четыре типа ландшафтов). Хотя неравномерное распределение геосайтов по изученной территории влияет на представленность в них ландшафтов, геологическое наследие Горной Адыгеи в целом удовлетворительно отображает ее природные особенности и их разнообразие. С практической точки зрения, полученные результаты важны для планирования и организации (в том числе маркетинга) геотуристской деятельности, а также проведения учебных практик для студентов отечественных университетов.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, геологическое наследие, Западный Кавказ, типы ландшафтов, туризм

Для цитирования: Михайленко А.В., Рубан Д.А. Ландшафтные особенности геосайтов (на примере Горной Адыгеи)

// Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 14–25. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-14-25

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-14-25

**LANDSCAPE PECULIARITIES OF GEOSITES
(A CASE STUDY OF MOUNTAINOUS ADYGEYA)**Anna V. Mikhailenko¹, Dmitry A. Ruban²^{1, 2} Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia¹ avmihaylenko@sfedu.ru, Scopus Author ID 55971159100, Researcher ID: A-8847-2017, SPIN-код: 2036-3311² ruban-d@mail.ru, Scopus Author ID: 8520926600, Researcher ID: W-7434-2019, SPIN-код: 5671-0800

Physico-geographical constituents of geological heritage attract significant research interest. However, despite the increasing attention of Russian and foreign science, many of them are yet to be adequately studied. The present research aims to analyze the landscape peculiarities of geosites (the principal in-situ form of geological heritage) of Mountainous Adygeya, which is a large center of geodiversity in the western part of the Greater Caucasus. The work is based on the materials collected during many years of investigations. We distinguished the principal types of landscapes in the study area and established their presence in each of seventeen geosites. The distribution of the landscape types in the geosites taken as a whole and the landscape diversity in each of them are examined. The relevant values are corrected taking into account the size of the geosites. The results of the study indicate that among the five principal landscape types, the most distributed ones are natural-anthropogenic and low-mountainous with deciduous forests, while the least distributed are high-mountainous landscapes with meadows. Taking into account the size of the geosites allows noting a relatively wide distribution of landscapes of two other types, namely middle-mountainous landscapes with mixed forests and floodplains with meadows. The diversity of the landscape peculiarities of the geosites of Mountainous Adygeya is limited, but it increases in the largest of them (for instance, the Lagonaki Highland includes four landscape types). Although the uneven distribution of the geosites in the study area influences the representation of landscapes, the entire geological heritage of Mountainous Adygeya perfectly reflects the region's natural peculiarities and their diversity. From the practical point of view, the research results appear to

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Михайленко А.В., Рубан Д.А.*

be important for planning and organizing geotouristic activities (including marketing purposes) and can also be used for practical training at universities.

Keywords: anthropogenic impact, geological heritage, Western Caucasus, landscape types, tourism

For citation: Mikhailenko, A.V., Ruban, D.A. (2024) Landscape peculiarities of geosites (a case study of Mountainous Adygeya). *Geographical Bulletin*. No. 3 (70). Pp. 14–25. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-14-25

Введение

Изучение объектов геологического наследия во всем их многообразии составляет важное направление современных исследований [27; 29; 35; 38]. Последние носят междисциплинарный характер и, в частности, используют понятийный и методологический аппарат физической географии. С одной стороны, активно развиваемые представления о георазнообразии, имеющие в своей основе идею общественной, цивилизационной ценности уникальных особенностей геологического строения, способствуют осмыслению этих объектов с ландшафтной точки зрения [20; 40; 42; 43], а предлагаемые методики оценки георазнообразия часто опираются на физико-географические и геоинформационные разработки [21; 23; 32]. С другой стороны, геологическое наследие получает физико-географическую трактовку при рассмотрении в туристско-рекреационном аспекте [36; 41; 44]. Стоит отметить, что российские специалисты вносят значительный вклад в соответствующие научные исследования [2; 3; 15; 16], что тесно связано с решением задач по стимулированию научно-познавательного туризма и патриотического воспитания.

Основной формой объектов геологического наследия является геосайт – конкретное инситуное проявление одного или нескольких уникальных геологических феноменов. Последние не существуют в окружающей среде изолированно, а, напротив, вписаны в ландшафты и сохраняют с ними как физическую, так и визуальную связь, подчас даже детерминируют их (в последнем случае можно говорить об уникальных геологических ландшафтах). Несмотря на очевидность такого утверждения и перспективность его научной разработки, число исследований, фокусирующихся на ландшафтных особенностях геосайтов (и геологического наследия в целом), остается ограниченным, а соответствующие знания разрозненными. В частности, в России В.П. Петришевым с соавторами [7; 13] показана неразрывная связь уникальных выходов красноцветных осадочных горных пород с ландшафтами Оренбуржья. Из зарубежных работ можно отметить статьи подобной тематики К. Джусты и М. Калве по территории Франции [25], Д. Перейры и др. по Иберийскому массиву [34], Ф. Филокамо и др. по Апеннинам [24]. Они указывают на потребность в анализе ландшафтных особенностей геосайтов. Это важно как для корректного описания геосайтов, так и для определения возможностей их рационального, устойчивого использования.

Целью настоящей работы является анализ ландшафтных особенностей геосайтов Горной Адыгеи с использованием новых методических приемов и на основе результатов многолетних полевых работ. Выбор данной территории, расположенной на Западном Кавказе, диктуется двумя обстоятельствами. С одной стороны, при сравнительно небольших размерах она отличается ландшафтной пестротой, которая вообще характерна для Большого Кавказа [1; 14]. С другой стороны, это один из крупнейших и при этом хорошо изученных центров георазнообразия с более чем полтора десятка всевозможных геосайтов, которые при этом активно используются в научных, образовательных и туристских целях [39]. Стоит добавить, что Горная Адыгея входит в число важнейших и при этом быстро развивающихся туристских дестинаций Юга России.

Материалы и методы

В физико-географическом отношении Горная Адыгея относится к западной части горного сооружения Большого Кавказа и соответствует долине р. Белой (левый приток р. Кубань) в ее среднем течении (рис. 1). В административном отношении она входит в состав Республики Адыгея, а также охватывает прилегающие к ней с запада участки Краснодарского края. Вообще, понятие «Горная Адыгея» в большей степени связана с хорошо сложившейся туристской дестинацией.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Михайленко А.В., Рубан Д.А.



Рис. 1. Расположение геосайтов на изученной территории и их относительные размеры. Обозначения геосайтов: 1 – Лагонакское нагорье, 2 – Раскол-скала, 3 – Система Хаджохского каньона и водопады Руфабго, 4 – Каменномоостские пестроцветы, 5 – Гранитное ущелье, 6 – Хамышкинский разрез, 7 – Сахрайский каньон, 8 – Партизанская поляна, 9 – Долина реки Полковницкой, 10 – Местонахождение Молчепа, 11 – Гуамское ущелье, 12 – Долина реки Сюк и Сюкское местонахождение, 13 – Гора Гуд и Солдатский перевал, 14 – Гора Кабанья, 15 – Нижегородский разрез, 16 – Шахан, 17 – Малый Хаджох (номенклатура по [10; 39], там же см. подробное описание)

Fig. 1. Location of the geosites in the study area and their relative size. Geosite numbers: 1 – Lagonaki Highland, 2 – Raskol Cliff, 3 – Khadzokhsky Canyon system and Rufabgo Waterfalls, 4 – Kamennomostsky variegated rocks, 5 – Granitnoe Gorge, 6 – Khamyshkinsky Section, 7 – Sakhraysky Canyon, 8 – Partizansky Glade, 9 – Polkovnitskaya River valley, 10 – Molchepa locality, 11 – Guamskoe Gorge, 12 – Syuk River valley and locality, 13 – Mount Gud and Soldatsky Pass, 14 – Mount Kabania, 15 – Nizhegorodsky Section, 16 – Shakhan, 17 – Malyi Khadzokh (nomenclature according to [10; 39], see there for a detailed description)

Природные условия рассматриваемой территории подробно описаны в сводных работах М.К. Беданоква и др. [18], С.П. Лозового [8], О.В. Назаренко и др. [11]. На севере преобладает низкогорный рельеф, который сменяется среднегорным рельефом в центре и на юге и высокогорным рельефом на юго-западе (рис. 2). Отдельные вершины (Фишт, Оштен, Пшеха-Су) имеют высоту более 2700 м и приурочены к Лагонакскому нагорью. Климат умеренно-континентальный, а среднегодовое количество осадков изменяется от менее 700 до 3000 мм. Гидрографическая сеть формируется р. Белой и ее притоками, такими как р. Курджипс (впадает в р. Белую за пределами рассматриваемой территории) и р. Дах (рис. 2). Они образуют хорошо разработанные долины, которые при пересечении хребтов локально сужаются до ущелий и каньонов. Растительный покров отличается преобладанием лесов и лугов. Территория заселена довольно слабо (наибольший населенный пункт – пос. Каменномоостский), однако имеет хорошую транспортную инфраструктуру, которая быстро совершенствуется и расширяется по мере развития туризма. Антропогенная нагрузка постепенно возрастает и локально уже является очень высокой.

В пределах Горной Адыгеи выделено 17 геосайтов (рис. 1), которые были охарактеризованы ранее [9; 10; 39]. Они представляют самые разнообразные геологические феномены, отличающиеся заметной уникальностью. В частности, к ним относятся карст Лагонакского нагорья, выходы отложений юрской сабкхи в пос. Каменномоостском, обращенные формы рельефа (горы Гуд и Кабанья), палеозойские гранитоиды Даховского кристаллического массива, триасовые водорослевые рифы (долина р. Сахрай).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
 Михайленко А.В., Рубан Д.А.

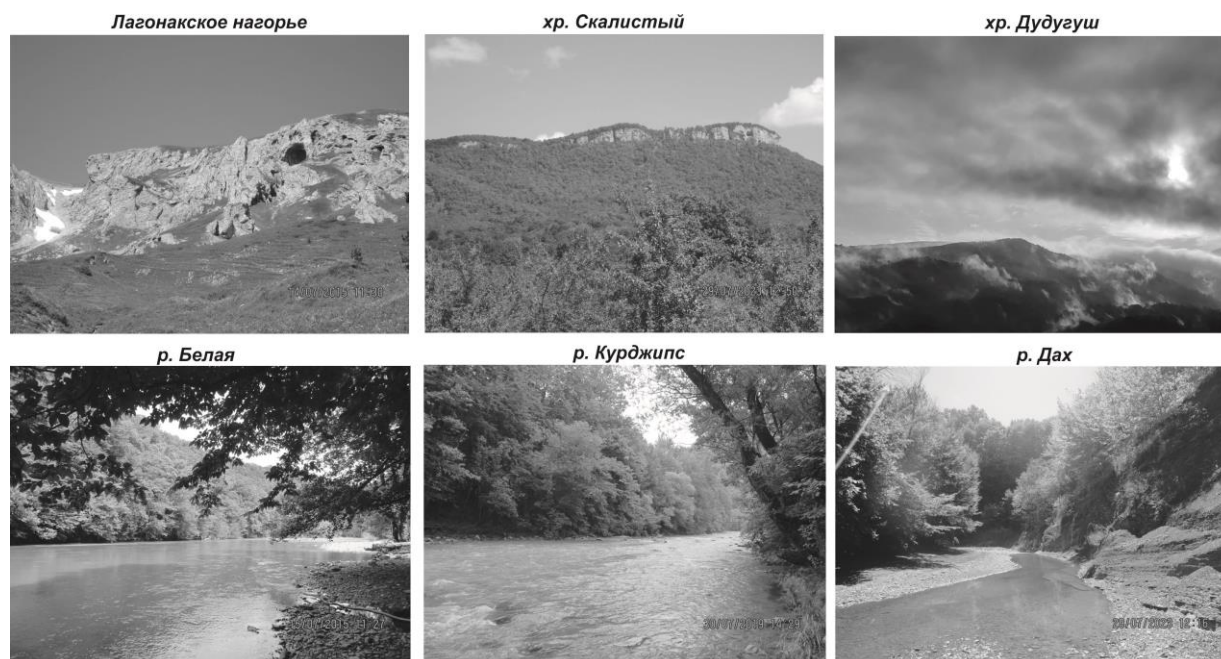


Рис. 2. Наиболее крупные геоморфологические и гидрографические объекты Горной Адыгеи
 Fig. 2. The largest geomorphological and hydrographical objects of Mountainous Adygeya

Материалом для настоящей работы послужили многолетние ландшафтные наблюдения, сделанные авторами при посещении геосайтов Горной Адыгеи, их подробном изучении и пространственном оконтуривании. В ходе полевых работ летом 2023 г. была предпринята попытка систематизированного доизучения ландшафтов в пределах геосайтов. При этом важной задачей был сбор достаточного материала для последующего установления присутствия типов ландшафтов в каждом из геосайтов.

В методическом отношении первоочередной задачей является выделение основных типов ландшафтов. Анализ информации из общетеоретических [4–6; 12; 18] и региональных [8; 11; 18] работ позволяет установить как общие принципы классификации ландшафтов, так и различия между их вариантами, особенно применительно к конкретным территориям. Эта информация вкупе с полевым материалом способствует выделению пяти основных типов ландшафтов Горной Адыгеи, которые характеризуются ниже. Для каждого геосайта могут быть определены ландшафтные особенности, связанные с наличием одного или нескольких типов ландшафтов в его пределах или в непосредственной близости. Последнее важно в тех случаях, когда сам геосайт представляет хорошо экспонированное геологическое тело, которое тем не менее не может восприниматься (в том числе визуально) вне связи с окружающей природной средой.

Сведения о распространении типов ландшафтов по геосайтам в пределах рассматриваемой территории позволяют судить, во-первых, о распространенности этих типов в совокупности геологических объектов, а во-вторых, о ландшафтном разнообразии отдельных геосайтов. В обоих случаях следует принять во внимание существенные различия в размере последних. Для этого предлагается разделить все геосайты на три категории: мелкие (<1 км), средние (1–5 км), крупные (>5 км) (рис. 1). Для имеющих ареальное выражение размер соответствует максимальному диаметру, а для имеющих линейную конфигурацию – максимальной протяженности. При определении условной величины распространенности типов ландшафтов в совокупности геосайтов предлагается учитывать присутствие типа в конкретном мелком геосайте как 1, в среднем – как 3, в крупном – как 5. При суммировании соответствующих значений удастся отразить диспропорцию их размеров. При определении ландшафтного разнообразия отдельных геосайтов предлагается корректировать число типов ландшафтов на коэффициент k , равный для мелких геосайтов 1, для средних – 0,5, для крупных – 0,3. Считаем такой подсчет необходимым, т.к. ценность ландшафтного разнообразия в мелких геосайтах выше, чем в крупных, в связи с тем, что в последних она в большей мере ожидаема.

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Михайленко А.В., Рубан Д.А.***Результаты и их обсуждение**

Все многообразие ландшафтов Горной Адыгеи можно свести к пяти основным типам (рис. 3). Они выделяются по особенностям рельефа и преобладающей растительности, однако в действительности различаются по большинству ландшафтных компонентов. На рассматриваемой территории в целом преобладают низкогорные ландшафты с широколиственными лесами и пойменные луговые ландшафты (рис. 4). Стоит отметить, что вышеотмеченный рост антропогенной нагрузки, связанный прежде всего с развитием туризма, способствует постепенному расширению площади, занимаемой преобразованными природными ландшафтами. Что касается непосредственно геосайтов, то в них представлены все основные типы ландшафтов, каждый из которых охарактеризован ниже.



Рис. 3. Выделяемые типы ландшафтов Горной Адыгеи
Fig. 3. Proposed landscape types of Mountainous Adygeya

Высокогорные луговые (альпийские и субальпийские) ландшафты характеризуются сравнительной пологостью склонов, большим количеством выпадающих осадков (более 1000 мм в год) и богатым видовым составом травянистых растений. Они пользуются широким распространением на высотах более 2000 м и приурочены, главным образом, к Лагонакскому нагорью. Это единственный геосайт, в котором они представлены (рис. 5). С учетом его крупного размера величина распространенности этого типа равна 5. Стоит отметить, что данный тип ландшафта детерминирует общий вид геосайта, а отсутствие древесной растительности (за исключением отдельных участков березового криволесья) способствует лучшей видимости уникальных геологических особенностей и, прежде всего, карста (в том числе с ряда хорошо доступных смотровых точек).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Михайленко А.В., Рубан Д.А.

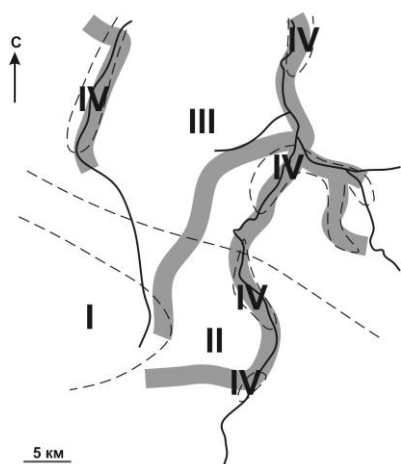


Рис. 4. Распространение выделенных типов ландшафтов в Горной Адыгее (гидрографическая сеть показана как на рис. 1).

Типы природных ландшафтов: I – высокогорные луговые, II – среднегорные со смешанными лесами, III – низкогорные с широколиственными лесами, IV – пойменные луговые; участки интенсивного антропогенного воздействия выделены серым цветом

Fig. 4. Distribution of the proposed landscape types in Mountainous Adygeya (drainage network is shown as in Fig. 1). Natural landscape types: I – high-mountainous with meadows, II – middle-mountainous with mixed forests, III – low-mountainous with deciduous forest, IV – river valleys with meadows; plots with intense anthropogenic impact are highlighted with gray color

Среднегорные ландшафты со смешанными лесами отличаются значительной крутизной склонов, существенным количеством осадков (около 1000 мм в год), преобладанием довольно густых лесов с хвойными (прежде всего, пихтой) и лиственными породами деревьев. Для них характерно и богатство животного мира (в том числе кабаны, медведи, олени и т.п.). Они свойственны горным хребтам с высотами от 1000 до 2000 м в южной половине рассматриваемой территории. Этот ландшафт присутствует в пяти геосайтах, три из которых являются крупными (рис. 5). С учетом их размера величина распространности этого типа равна 17. Добавим, что данный тип ландшафта резко усиливает эстетические свойства геосайтов. Плотность лесного покрова снижает видимость уникальных геологических особенностей, что отчасти компенсируется лучшей видимостью за счет значительной разницы высот (до 1000 м) при внушительной крутизне склонов (вплоть до отвесных).

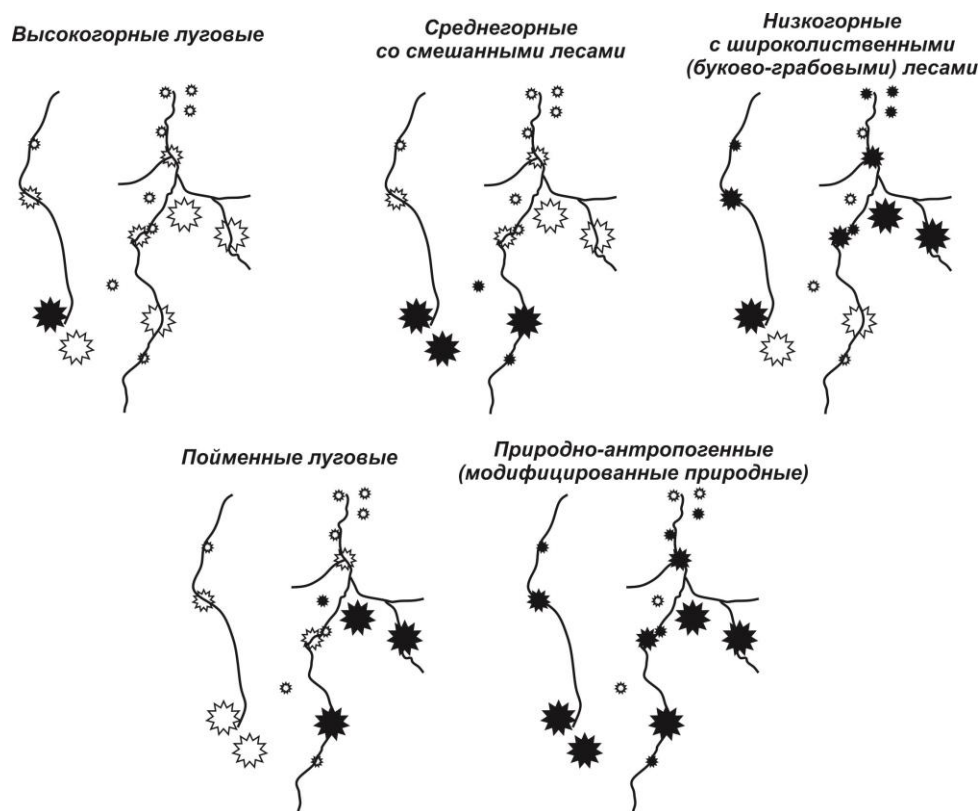


Рис. 5. Распространение типов ландшафтов в геосайтах Горной Адыгее (гидрографическая сеть и геосайты показаны как на рис. 1)

Fig. 5. Distribution of landscape types in the geosites of Mountainous Adygeya (drainage network and geosites are shown as in Fig. 1)

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Михайленко А.В., Рубан Д.А.

Низкогорным ландшафтам с широколиственными лесами свойственны различная (чаще умеренная) крутизна склонов, относительно пониженное количество осадков (ниже 800 мм в год), преобладание сравнительно негустых, довольно светлых широколиственных лесов (условно называемых лесами паркового типа) с преобладанием бука и граба. Стоит отметить, что широколиственные леса образуют как сплошной покров, так и включают в себя подчас довольно обширные луговые участки с преобладанием густого и высокого травяного покрова и кустарниковых форм растительности. Такие ландшафты характерны для горных хребтов с высотами до 1000 м в средней и северной частях Горной Адыгеи. Подобный ландшафт присущ одиннадцати геосайтам, в том числе крупным и средним (рис. 5). С учетом их размера величина распространенности этого типа равна 29. Такой тип ландшафта нередко снижает видимость уникальных геологических особенностей, хотя отличается значительной проходимостью, обеспечивая доступ к геосайтам и перемещение в их пределах.

Пойменные луговые ландшафты характеризуются преобладанием плоских поверхностей, различным количеством осадков (чем южнее, тем большим), значительным травяным покровом, высота которого может превышать 1 м. Они типичны для долин крупных водотоков на участках их расширения. Абсолютные высоты, как правило, составляют около 400 м и не превышают 700 м. Такого рода ландшафты присутствуют в четырех геосайтах, три из которых крупные (рис. 5). С учетом их размера величина распространенности этого типа равна 16. Данный ландшафт способствует лучшей видимости уникальных геологических особенностей, в том числе с большого расстояния. Однако густота и высота травяного покрова нередко сильно снижают доступность геосайтов. Более того, происходит быстрое зарастание поверхностей геологических обнажений.

Природно-антропогенные ландшафты представляют собой любые природные ландшафты, подвергшиеся воздействию человека (строительство дорог, расчистка пастбищ, сооружение туристско-рекреационных объектов и т.п.), но при этом сохраняющие в достаточной мере свой природный облик. Подчас даже после существенного преобразования они выглядят вполне естественно, «органически» вписываясь в окружающую природную среду. Такие модифицированные природные ландшафты установлены в тринадцати геосайтах, в том числе всех крупных и средних (рис. 5). С учетом их размера величина распространенности этого типа равна 39. Важно добавить, что, с одной стороны, антропогенная трансформация природных ландшафтов нередко способствует лучшему проявлению уникальных геологических особенностей (например, во врезках автодорог) и их доступности. Подчас она неизбежна при эксплуатации объектов геологического наследия в качестве ценного ресурса. Более того, отдельные антропогенные элементы среды (например, карьеры) сами по себе формируют основу геосайтов. Но изменение природной среды человеком может существенно нарушать воспринимаемую аутентичность геосайтов, а это важное эстетическое свойство [30; 31]. В частности, так происходит при сооружении популярных в Горной Адыгее веревочных парков в непосредственной близости от геосайтов и в их пределах. Кроме того, можно обратить внимание на такое антропогенное преобразование ландшафта, при котором он не утрачивает «естественного» облика, но трансформирует его. Например, это происходит при сооружении прудов в рекреационных целях. Эстетические свойства геосайтов повышаются, но при этом ландшафтные особенности претерпевают искажение, а аутентичность становится всего лишь мнимой.

Таким образом, ландшафты природно-антропогенные и низкогорные с широколиственными лесами представлены в большинстве геосайтов. Для них же характерны наибольшие величины распространенности, рассчитанные с учетом размера геосайтов. Стоит отметить и частую встречаемость ландшафтов среднегорных со смешанными лесами и пойменных луговых в геосайтах, в сравнении с той, что была бы установлена без учета их размеров.

Обращает на себя внимание, что многие геосайты включают несколько типов ландшафтов (рис. 5): четыре установлены для одного геосайта, три – для трех геосайтов, два – для восьми геосайтов, один – для пяти геосайтов. В среднем ландшафтное разнообразие составляет 2, т.е. можно говорить об обычном сочетании двух типов. С учетом коэффициента k получаем, что величина разнообразия отдельных геосайтов изменяется в пределах от 0,6 до 2 и в среднем составляет 1,2, т.е. фактическое разнообразие почти отсутствует. Связано это с тем, что сочетание нескольких типов больше свойственно крупным геосайтам. Действительно, лишь для четырех мелких геосайтов установлены два типа ландшафтов, тогда как сочетание четырех и трех обнаружено лишь в крупных геосайтах. Фиксируемое ландшафтное разнообразие во многих случаях обусловлено присутствием природно-антропогенных

ландшафтов, т.е. вмешательством человека в природную среду. Без учета такового разнообразие оказывается меньшим. Часто имеет место сочетание ландшафтов низкогорных с широколиственными лесами с пойменными луговыми. Напротив, сочетания разных типов лесных ландшафтов в целом не характерны; единственное исключение – Лагонакское нагорье, являющееся очень крупным геосайтом, в пределах которого хорошо проявлена высотная поясность.

Распространенность типов ландшафтов в геосайтах Горной Адыгеи (рис. 5) объясняется как их распределением на изученной территории в целом (рис. 4), так и отчасти неравномерным в пространстве проявлением геологического наследия. Низкогорья с широколиственными лесами доминируют на северной половине изученной территории, а среднегорья со смешанными лесами – на южной. Однако геосайты концентрируются в пределах первой, что способствует большей распространенности соответствующих ландшафтных особенностей. Аналогичным образом пойменные луговые ландшафты пользуются большим распространением, чем представлены в геосайтах. При этом результаты настоящего исследования однозначно указывают на то, что все основные типы ландшафтов Горной Адыгеи отражены в геосайтах, а последние в целом удовлетворительно представляют не только уникальные геологические особенности, но и природную среду территории. Среди них есть как те, что фиксируют разнообразие этой среды, так и те, что демонстрируют четкую ландшафтную идентичность.

Предыдущие исследователи уже обращали внимание на связь геологического наследия с природной средой, в том числе через сопряжение гео- и биоразнообразия [19; 21; 22; 33; 37]. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о значительной силе такой связи в Горной Адыгее. Уникальные геологические особенности представлены в ландшафтах, которые довольно полно отражают природные особенности территории. Возрастающая антропогенная нагрузка, изучение которой важно с экологической точки зрения, хорошо фиксируется именно в геосайтах, которые могут выступить локусами проведения соответствующих исследований.

Анализ ландшафтных особенностей геосайтов имеет не только теоретическое, но и практическое значение. С одной стороны, эти объекты важны для развития туризма, и их ландшафт обозначает возможность стимулирования геотуризма как более специфического и менее популярного направления за счет экотуризма. Более того, именно учет ландшафтных особенностей позволяет создавать более привлекательные фото- и видеобразы геосайтов, что важно для их эффективного маркетинга и привлечения потенциальных посетителей (не только туристов, но также ученых и организаторов учебных практик для студентов).

С другой стороны, как показано выше, ландшафтные особенности напрямую связаны с техническими свойствами геосайтов (например, легкостью доступа к ним) и их эстетическими свойствами, которые имеют огромное значение в геотуризме [26; 28]. Следовательно, его изучение важно для корректного определения геотуристского потенциала этих объектов геологического наследия. Более того, последние активно используются в образовательных целях, т.к. Горная Адыгея является местом проведения учебных практик ряда крупных отечественных университетов. Наблюдение студентами уникальных геологических особенностей в связи с ландшафтом, с одной стороны, способствует лучшему пониманию их проявления в природной среде в целом, с другой – позволяет включать в обучение отдельные компоненты, связанные с устойчивым развитием.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие общие выводы. Во-первых, геосайты Адыгеи имеют различные, но при этом четко выраженные ландшафтные особенности; чаще всего они связаны с природно-антропогенным и низкогорным с широколиственными лесами типами ландшафтов. Во-вторых, ряду геосайтов, особенно крупным, свойственно ландшафтное разнообразие, однако оно невелико при учете размера объектов геологического наследия. В-третьих, ландшафтные особенности геосайтов важны при определении потенциала их использования, в том числе в целях туризма и высшего образования.

Настоящая работа намечает научную проблематику, связанную с ландшафтными особенностями геосайтов Горной Адыгеи. Последующие исследования могут быть направлены на ландшафтное картирование в пределах наиболее крупных геосайтов (Лагонакское нагорье и гора Гуд), детализацию региональной классификации ландшафтов, а также изучение восприятия ландшафтов потенциальными пользователями геосайтов.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Михайленко А.В., Рубан Д.А.

Библиографический список

1. Братков В.В., Атаев З.В. Географические особенности ландшафтов северного склона Большого Кавказа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 3. С. 347–350.
2. Голубчиков Ю.Н., Кружалин В.И. Геотуризм как новый объект исследований в науках о Земле // Жизнь Земли. 2021. № 3. С. 368–376.
3. Голубчиков Ю.Н., Кружалин В.И. Пути развития геотуризма на территории новых Субъектов РФ // Профессорский журнал. Серия: Рекреация и туризм. 2022. № 3. С. 16–22.
4. Житин Ю.И., Парахневич Т.М. Ландшафтоведение. Воронеж: ВГАУ, 2013. 240 с.
5. Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 366 с.
6. Казаков Л.К. Классификации систем природопользования и природно-антропогенных ландшафтов // Вестник экологического образования в России. 2015. № 77. С. 26–29.
7. Кожевникова Н.В., Кожевникова М.А., Черных Н.В., Данышина А.П., Петрищев В.П. Ландшафтообразующее значение красноцветных отложений пермотриасового фациального комплекса // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2022. № 1. С. 66–73.
8. Лозовой С.П. Лагонакское нагорье. Краснодар: Краснодарское книжное издательство, 1984. 160 с.
9. Михайленко А.В., Рубан Д.А. Парные геосайты горных территорий Юга России // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 4–11.
10. Михайленко А.В., Рубан Д.А. Типизация объектов геоконсервации Горной Адыгеи // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле. 2023. № 2. С. 245–253.
11. Назаренко О.В., Михайленко А.В., Смагина Т.А., Кутилин В.С. Природные условия Горной Адыгеи. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2020. 132 с.
12. Николаев В.А. Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. М.: Изд-во Московского ун-та, 1978. 62 с.
13. Петрищева Н.В., Петрищев В.П. Физико-географическое районирование ландшафтов красноцветных отложений в Оренбургском Приуралье // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 2. С. 12–20.
14. Раковская Э.М. Физическая география России. М.: Академия, 2013. Т. 2. 256 с.
15. Рубан Д.А. Государственное управление геонаследием. Ростов-на-Дону: ДГТУ-Принт, 2022. 87 с.
16. Цинкобурова М.Г. Историческая ретроспектива состояния объектов геологического наследия Ленинградской, Псковской и Новгородской областей // Псковский регионологический журнал. 2022. № 2. С. 80–93.
17. Шевцова О.Н. Долинно-речные ландшафты природных зон России // Вестник Тюменского государственного университета. 2003. № 2. С. 156–163.
18. Bedanokov M.K., Lebedev S.A., Kostianoy A.G. (Eds.). The Republic of Adygea Environment. Cham: Springer, 2020. 714 p. doi: 10.1007/978-3-030-74849-4.
19. Brazier V., Bruneau P.M.C., Gordon J.E., Rennie A.F. Making Space for Nature in a Changing Climate: The Role of Geodiversity in Biodiversity Conservation // Scottish Geographical Journal. 2012. V. 128. P. 211–233. doi: 10.1080/14702541.2012.737015.
20. Brilha J., Gray M., Pereira D.I., Pereira P. Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature // Environmental Science and Policy. 2018. V. 86. P. 19–28. doi: 10.1016/j.envsci.2018.05.001.
21. Crisp J.R.A., Ellison J.C., Fischer A., Tan J.S.D. Geodiversity inclusiveness in biodiversity assessment // Progress in Physical Geography. 2023. V. 47. P. 414–437. doi: 10.1177/03091333221122292.
22. da Silva M.L.N., do Nascimento M.A.L., dos Santos Costa S.S. Geoheritage of a Brazilian Semi-Arid Environment: the Seridó Aspiring UNESCO Geopark // Geoheritage. 2022. V. 14. P. 36. doi: 10.1007/s12371-022-00662-3.
23. Ferrando A., Faccini F., Paliaga G., Coratza P. A quantitative GIS and AHP based analysis for geodiversity assessment and mapping // Sustainability. 2021. V. 13. P. 10376. doi: 10.3390/su131810376.
24. Filocamo F., Roskopf C.M., Amato V. A Contribution to the Understanding of the Apennine Landscapes: the Potential Role of Molise Geosites // Geoheritage. 2019. V. 11. P. 1667–1688. doi: 10.1007/s12371-019-00365-2.
25. Giusti C., Calvet M. The inventory of French geomorphosites and the problem of nested scales and landscape complexity // Geomorphologie: Relief, Processus, Environnement. 2010. No. 2. P. 223–244. doi: 10.4000/geomorphologie.7947.
26. Gordon J.E. Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: Enhancing the visitor experience and promoting geoconservation // Geosciences. 2018. V. 8. P. 136. doi: 10.3390/geosciences8040136.
27. Herrera-Franco G., Carrión-Mero P., Montalván-Burbano N., Caicedo-Potosí J., Berrezueta E. Geoheritage and Geosites: A Bibliometric Analysis and Literature Review // Geosciences. 2022. V. 12. P. 169. doi: 10.3390/geosciences12040169.
28. Jamshidipour A. Evaluation of Geotourism for Gonabad Qasabeh Qanat: Potentials and Capabilities // Geoconservation Research. 2022. V. 5. P. 347–356. doi: 10.30486/gcr.2023.1975865.1119.
29. Kaur G. Geodiversity, Geoheritage and Geoconservation: A Global Perspective // Journal of the Geological Society of India. 2022. V. 98. P. 1221–1228. doi: 10.1007/s12594-022-2156-1.
30. Kirillova K. A review of aesthetics research in tourism: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on beauty and aesthetics in tourism // Annals of Tourism Research. 2023. V. 100. P. 103553. doi: 10.1016/j.annals.2023.103553.
31. Kirillova K., Fu X., Lehto X., Cai L. What makes a destination beautiful? Dimensions of tourist aesthetic judgment // Tourism Management. 2014. V. 42. P. 282–293. doi: 10.1016/j.tourman.2013.12.006.
32. Németh K., Gravis I. Geoheritage and geodiversity elements of the SW Pacific: A conceptual framework // International Journal of Geoheritage and Parks. 2022. V. 10. P. 523–545. doi: 10.1016/j.ijgeop.2022.09.001.
33. Newsome D., Johnson C.P. Potential Geotourism and the Prospect of Raising Awareness About Geoheritage and Environment on Mauritius // Geoheritage. 2013. V. 5. P. 1–9. doi: 10.1007/s12371-012-0070-4.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Михайленко А.В., Рубан Д.А.

34. Pereira D.I., Pereira P., Brilha J., Cunha P.P. The Iberian Massif Landscape and Fluvial Network in Portugal: A geoheritage inventory based on the scientific value // Proceedings of the Geologists' Association. 2015. V. 126. P. 252–265. doi: 10.1016/j.pgeola.2015.01.003.
35. Pescatore E., Bentivenga M., Giano S.I. Geoheritage and Geoconservation: Some Remarks and Considerations // Sustainability. 2023. V. 15. P. 5823. doi: 10.3390/su15075823.
36. Poiraud A., Chevalier M., Claeysen B., Biron P.-E., Joly B. From geoheritage inventory to territorial planning tool in the Vercors massif (French Alps): Contribution of statistical and expert cross approaches // Applied Geography. 2016. V. 71. P. 69–82. doi: 10.1016/j.apgeog.2016.04.012.
37. Ren Y., Lü Y., Hu J., Yin L. Geodiversity underpins biodiversity but the relations can be complex: Implications from two biodiversity proxies // Global Ecology and Conservation. 2021. V. 31. P. e01830. doi: 10.1016/j.gecco.2021.e01830.
38. Reynard E., Brilha J. (Eds.). Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Amsterdam: Elsevier, 2018. 482 p. doi: 10.1016/C2015-0-04543-9.
39. Ruban D.A., Mikhailenko A.V., Yashalova N.N. Valuable geoheritage resources: Potential versus exploitation // Resources Policy. 2022. Vol. 77. P. 102665. doi: 10.1016/j.resourpol.2022.102665.
40. Serrano E., Flano P.R. Geodiversity. A theoretical and applied concept // Geographica Helvetica. 2007. V. 62. P. 140–147. doi: 10.5194/gh-62-140-2007.
41. Singtuen V., Vivitkul N., Junjue T. Geoeeducational assessments in Khon Kaen National Geopark, Thailand: implication for geoconservation and geotourism development // Heliyon. 2022. V. 8. P. e12464. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12464.
42. Thomas M.F. New keywords in the geosciences – Some conceptual and scientific issues // Revista do Instituto Geologico. 2016. V. 37. P. 1–12. doi: 10.5935/0100-929X.20160001.
43. Tukiainen H., Maliniemi T., Alahuhta J., Hjort J., Lindhold M., Salminen H., Snare H., Toivanen M., Vilmi A., Heino J. Quantifying alpha, beta and gamma geodiversity // Progress in Physical Geography. 2023. V. 47. P. 140–151. doi: 10.1177/03091333221114714.
44. Vania Kele Evangelista P., Travassos L.E.P. Geography, landscape, literature and geoheritage in the works of Guimarães Rosa // Atelie Geografico. 2019. V. 13. P. 112–137. doi: 10.5216/ag.v13i3.58416.

References

1. Bratkov, V.V., Ataev, Z.V. (2013), Geograficheskie osobennosti landshaftov severnogo sklona Bol'shogo Kavkaza, *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, no. 3, pp. 347–350.
2. Golubchikov, Yu.N., Kruzhalin, V.I. (2021), Geoturizm kak novyy ob'ekt issledovaniy v naukakh o Zemle, *Zhizn' Zemli*, no. 3, pp. 368–376.
3. Golubchikov, Yu.N., Kruzhalin, V.I. (2022), Puti razvitiya geoturizma na territorii novykh Sub'ektov RF, *Professorskiy zhurnal. Seriya: Rekreatsiya i turizm*, no. 3, pp. 16–22.
4. Zhitin, Yu.I., Parakhnevich, T.M. (2013), *Landshaftovedenie* [Landscape science], VGU, Voronezh, Russia.
5. Isachenko, A.G. *Osnovy landshaftovedeniya i fiziko-geograficheskoe rayonirovanie* [Fundamentals of landscape science and physical-geographical regionalization], Vysshaya shkola, Moscow, Russia.
6. Kazakov, L.K. (2015), Klassifikatsii sistem prirodnopol'zovaniya i prirodno-antropogennykh landshaftov, *Vestnik ekologicheskogo obrazovaniya v Rossii*, no. 77, pp. 26–29.
7. Kozhevnikova, N.V., Kozhevnikova, M.A., Chernykh, N.V., Dan'shina, A.P., Petrishev, V.P. (2022), Landshaftoobrazuyushee znachenie krasnotsvetnykh otlozheniy permotriasovogo fatsial'nogo kompleksa, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, no. 1, pp. 66–73.
8. Lozovoy, S.P. (1984), *Lagonakskoe nagor'e* [Lagonaki Highland], Krasnodarskoe knizhnoe izdatel'stvo, Krasnodar, Russia.
9. Mikhailenko, A.V., Ruban, D.A. (2023), Parnye geosayty gornyykh territoriy Yuga Rossii, *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, no. 2, pp. 4–11.
10. Mikhailenko, A.V., Ruban, D.A. (2023), Tipizatsiya ob'ektov geokonservatsii Gornoy Adygei, *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle*, no. 2, pp. 245–253.
11. Nazarenko, O.V., Mikhailenko, A.V., Smagina, T.A., Kutilin, V.S. (2020), *Prirodnye usloviya Gornoy Adygei* [Natural environments of Mountainous Adygeya], YuFU, Rostov-na-Donu, Russia.
12. Nikolaev, V.A. (1978), *Klassifikatsiya i melkomasshtabnoe kartografirovaniye landshaftov* [Classification and low-scale mapping of landscapes], Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, Moscow, Russia.
13. Petrisheva, N.V., Petrishev, V.P. (2023), Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie landshaftov krasnotsvetnykh otlozheniy v Orenburgskom Priural'e, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, no. 2, pp. 12–20.
14. Rakovskaya, E.M. (2013), *Fizicheskaya geografiya Rossii* [Physical geography of Russia], vol. 2, Akademiya, Moscow, Russia.
15. Ruban, D.A. (2022), *Gosudarstvennoe upravleniye geonaslediyami* [State Governance of geoheritage], DGTU-Print, Rostov-na-Donu, Russia.
16. Tsinkoburova, M.G. (2022), Istoricheskaya retrospektiva sostoyaniya ob'ektov geologicheskogo naslediya Leningradskoy, Pskovskoy i Novgorodskoy oblastey, *Pskovskiy regionologicheskiy zhurnal*, no. 2, pp. 80–93.
17. Shevtsova, O.N. (2003), Dolinno-rechnye landshafty prirodnykh zon Rossii, *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 2, pp. 156–163.
18. Bedanokov, M.K., Lebedev, S.A., Kostianoy, A.G. (Eds.) (2020), *The Republic of Adygea Environment*, Springer, Cham, Switzerland. doi: 10.1007/978-3-030-74849-4.
19. Brazier, V., Bruneau, P.M.C., Gordon, J.E., Rennie, A.F. (2012), Making Space for Nature in a Changing Climate: The Role of Geodiversity in Biodiversity Conservation. *Scottish Geographical Journal*, vol. 128, pp. 211–233. doi: 10.1080/14702541.2012.737015.
20. Brilha, J., Gray, M., Pereira, D.I., Pereira, P. (2018), Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Михайленко А.В., Рубан Д.А.

management of the whole of nature. *Environmental Science and Policy*, vol. 86, pp. 19–28. doi: 10.1016/j.envsci.2018.05.001.

21. Crisp, J.R.A., Ellison, J.C., Fischer, A., Tan, J.S.D. (2023), Geodiversity inclusiveness in biodiversity assessment. *Progress in Physical Geography*, vol. 47, pp. 414–437. doi: 10.1177/03091333221122292.
22. da Silva, M.L.N., do Nascimento, M.A.L., dos Santos Costa, S.S. (2022), Geoheritage of a Brazilian Semi-Arid Environment: the Seridó Aspiring UNESCO Geopark. *Geoheritage*, vol. 14, pp. 36. doi: 10.1007/s12371-022-00662-3.
23. Ferrando, A., Faccini, F., Paliaga, G., Coratza, P. (2021), A quantitative GIS and AHP based analysis for geodiversity assessment and mapping. *Sustainability*, vol. 13, pp. 10376. doi: 10.3390/su131810376.
24. Filocamo, F., Rosskopf, C.M., Amato, V. (2019), A Contribution to the Understanding of the Apennine Landscapes: the Potential Role of Molise Geosites. *Geoheritage*, V. 11, pp. 1667–1688. doi: 10.1007/s12371-019-00365-2.
25. Giusti, C., Calvet, M. (2010), The inventory of French geomorphosites and the problem of nested scales and landscape complexity. *Geomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, no. 2, pp. 223–244. doi: 10.4000/geomorphologie.7947.
26. Gordon, J.E. (2018), Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: Enhancing the visitor experience and promoting geoconservation. *Geosciences*, vol. 8, pp. 136. doi: 10.3390/geosciences8040136.
27. Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Caicedo-Potosí, J., Berrezueta, E. (2022), Geoheritage and Geosites: A Bibliometric Analysis and Literature Review. *Geosciences*, vol. 12, pp. 169. doi: 10.3390/geosciences12040169.
28. Jamshidipour, A. (2022), Evaluation of Geotourism for Gonabad Qasabeh Qanat: Potentials and Capabilities. *Geoconservation Research*, vol. 5, pp. 347–356. doi: 10.30486/gcr.2023.1975865.1119.
29. Kaur, G. (2022), Geodiversity, Geoheritage and Geoconservation: A Global Perspective. *Journal of the Geological Society of India*, vol. 98, pp. 1221–1228. doi: 10.1007/s12594-022-2156-1.
30. Kirillova, K. (2023), A review of aesthetics research in tourism: Launching the Annals of Tourism Research Curated Collection on beauty and aesthetics in tourism. *Annals of Tourism Research*, vol. 100, pp. 103553. doi: 10.1016/j.annals.2023.103553.
31. Kirillova, K., Fu, X., Lehto, X., Cai, L. (2014), What makes a destination beautiful? Dimensions of tourist aesthetic judgment. *Tourism Management*, vol. 42, pp. 282–293. doi: 10.1016/j.tourman.2013.12.006.
32. Németh, K., Gravis, I. (2022), Geoheritage and geodiversity elements of the SW Pacific: A conceptual framework. *International Journal of Geoheritage and Parks*, vol. 10, pp. 523–545. doi: 10.1016/j.ijgeop.2022.09.001.
33. Newsome, D., Johnson, C.P. (2013), Potential Geotourism and the Prospect of Raising Awareness About Geoheritage and Environment on Mauritius. *Geoheritage*, vol. 5, pp. 1–9. doi: 10.1007/s12371-012-0070-4.
34. Pereira, D.I., Pereira, P., Brilha, J., Cunha, P.P. (2015), The Iberian Massif Landscape and Fluvial Network in Portugal: A geoheritage inventory based on the scientific value. *Proceedings of the Geologists' Association*, vol. 126, pp. 252–265. doi: 10.1016/j.pgeola.2015.01.003.
35. Pescatore, E., Bentivenga, M., Giano, S.I. (2023), Geoheritage and Geoconservation: Some Remarks and Considerations. *Sustainability*, vol. 15, pp. 5823. doi: 10.3390/su15075823.
36. Poiraud, A., Chevalier, M., Claeysen, B., Biron, P.-E., Joly, B. (2016), From geoheritage inventory to territorial planning tool in the Vercors massif (French Alps): Contribution of statistical and expert cross approaches. *Applied Geography*, vol. 71, pp. 69–82. doi: 10.1016/j.apgeog.2016.04.012.
37. Ren, Y., Lü, Y., Hu, J., Yin, L. (2021), Geodiversity underpins biodiversity but the relations can be complex: Implications from two biodiversity proxies. *Global Ecology and Conservation*, vol. 31, pp. e01830. doi: 10.1016/j.gecco.2021.e01830.
38. Reynard, E., Brilha, J. (Eds.). (2018), *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands. doi: 10.1016/C2015-0-04543-9.
39. Ruban, D.A., Mikhailenko, A.V., Yashalova, N.N. (2022), Valuable geoheritage resources: Potential versus exploitation. *Resources Policy*. Vol. 77, pp. 102665. doi: 10.1016/j.resourpol.2022.102665.
40. Serrano, E., Flano, P.R. (2007), Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, vol. 62, pp. 140–147. doi: 10.5194/gh-62-140-2007.
41. Singtuen, V., Vivitkul, N., Junjuer, T. (2022), Geoeducational assessments in Khon Kaen National Geopark, Thailand: implication for geoconservation and geotourism development. *Heliyon*, vol. 8, pp. e12464. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e12464.
42. Thomas M.F. New keywords in the geosciences - Some conceptual and scientific issues. *Revista do Instituto Geológico*. 2016, vol. 37, pp. 1–12. doi: 10.5935/0100-929X.20160001.
43. Tukiainen, H., Maliniemi, T., Alahuhta, J., Hjort, J., Lindhold, M., Salminen, H., Snare, H., Toivanen, M., Vilmi, A., Heino, J. (2023), Quantifying alpha, beta and gamma geodiversity. *Progress in Physical Geography*, vol. 47, pp. 140–151. doi: 10.1177/03091333221114714.
44. Vania Kele Evangelista, P., Travassos, L.E.P. (2019), Geography, landscape, literature and geoheritage in the works of Guimarães Rosa. *Atelie Geografico*, vol. 13, pp. 112–137. doi: 10.5216/ag.v13i3.58416.

Статья поступила в редакцию: 26.02.2024, одобрена после рецензирования: 12.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 26 February 2024; approved after review: 12 March 2024, accepted for publication: 12 September 2024.

*Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология**Михайленко А.В., Рубан Д.А.*

Информация об авторах

Анна Владимировна Михайленко

кандидат географических наук, доцент,
Южный федеральный университет;
344006, Россия, г. Ростов-на-Дону,
ул. Большая Садовая, 105

e-mail: avmihaylenko@sfedu.ru

Рубан Дмитрий Александрович

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент (ВАК РФ), доцент,
Южный федеральный университет;
344006, Россия, г. Ростов-на-Дону,
ул. Большая Садовая, 105

e-mail: ruban-d@mail.ru

Information about the authors

Anna V. Mikhailenko

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Southern Federal University;
105, Bolshaya Sadovaya st., Rostov-on-Don,
344006, Russia

Dmitry A. Ruban

Candidate of Geological and Mineralogical
Sciences, Docent, Associate Professor,
Southern Federal University;
105, Bolshaya Sadovaya st., Rostov-on-Don,
344006, Russia

Вклад авторов

Михайленко А.В. – идея работы, сбор материала, частичное написание статьи.

Рубан Д.А. – сбор материала, подготовка основной части текста статьи и перевод на английский язык необходимых разделов статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Anna V. Mikhailenko – the idea of the work; material collection; writing of half of the text.

Dmitry A. Ruban – material collection; writing of half of the text; translation into English.

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

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ И ПОЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научная статья

УДК 911.3:32(571.53)

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-26-37

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЭТНИЧЕСКОГО ФАКТОРА
НА ИТОГИ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ВЫБОРОВ (2003–2021) В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ****Юлия Сергеевна Размахнина**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

juliarazm@gmail.com, Scopus Author ID: 57384801200, Researcher ID: AAE-1737-2019, SPIN- код: 7647-5069

Аннотация. Восточная Сибирь характеризуется мозаичным этническим составом, где выделяются крупные народы, являющиеся титульными в республиках и проживающие в основном в их пределах, и малые народности, имеющие небольшие ареалы проживания в различных субъектах макрорегиона. Первые в силу своей многочисленности способны влиять на итоги выборов, что выражается в высокой явке и политических предпочтениях, которые заключаются в симпатии к «партии власти» и ее лидеру – действующему Президенту России. Однако на последних выборах Президента (2018) и Государственной Думы (2021) нами отмечено снижение тесноты связи между долей коренных народов и явкой, а также голосованием за политическую партию «Единая Россия» (ЕР) и В.В. Путина.

Целью данной статьи является анализ динамики явки на всеобщих выборах в нижнюю палату парламента с 2003 по 2016 г. в сравнении с последней избирательной кампанией 2021 г. и Президента в 2012–2018 гг., а также количества голосов, отданных за партии и кандидатов на пост Президента (В.В. Путина и В.В. Жириновского). Материалами исследования послужили Всероссийская перепись населения 2020 г., фактически проведенная в 2021 г., и база данных «ГАС-Выборы» ЦИК РФ. В работе применялись картографический и статистический методы. В частности, для обнаружения тесноты связи между показателями использовался метод корреляционного анализа.

Анализ динамики явки показал ее снижение на выборах в Государственную Думу 2021 г. по сравнению со средним показателем 2003–2016 гг., а также президентских 2018 г. в сравнении со значением 2004–2012 гг. Последняя избирательная кампания в нижнюю палату парламента продемонстрировала рост симпатий к КПРФ и снижение рейтинга ЕР и ЛДПР в Восточной Сибири. На выборах Президента РФ наблюдается положительная динамика голосов за В.В. Путина в субъектах РФ с преобладанием русского населения и ее снижение в некоторых субъектах РФ, созданных по национально-этническому принципу (Республике Якутия (Саха)), территориях (Агинский Бурятский округ Забайкальского края) и пр.

Ключевые слова: Восточная Сибирь, явка, политические предпочтения, выборы, этносы, муниципальные образования (МО)

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ИГ СО РАН АААА-А21-121012190018-2.

Для цитирования: Размахнина Ю.С. Трансформация влияния этнического фактора на итоги федеральных выборов (2003–2021) в Восточной Сибири // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 26–37. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-26-37

ECONOMIC, SOCIAL AND POLITICAL GEOGRAPHY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-26-37

**TRANSFORMATION OF THE ETHNIC FACTOR'S INFLUENCE ON THE RESULTS OF
FEDERAL ELECTIONS (2003–2021) IN EASTERN SIBERIA****Yulia S. Razmakhnina**

V.B. Sochava Institute of Geography, SB RAS, Irkutsk, Russia

juliarazm@gmail.com, Scopus Author ID: 57384801200, Researcher ID: AAE-1737-2019, SPIN-код: 7647-5069

Abstract. Eastern Siberia, which is considered by the author as comprising the republics of Buryatia, Sakha (Yakutia), Tyva and Khakassia, the Transbaikal and Krasnoyarsk territories, the Irkutsk region, is characterized by a mosaic ethnic composition. There are distinguished large nations, living mainly in the republics, and small nations, residing in small areas in different territories of the macro region. The former, due to their large numbers, are able to influence election results, which is expressed in high turnout and political preferences oriented toward support for the 'party in power' and its leader – the current president. However, in the last presidential election (2018) and State Duma election (2021), we noted a decrease in the close relationship between the share of indigenous peoples and turnout as well as voting for the United Russia and Vladimir Putin.



This article aims to analyze the dynamics of turnout in general elections to the State Duma from 2003 to 2016 in comparison with the last election campaign of 2021 and presidential elections in 2012–2018 as well as the dynamics of the number of votes for the parties and the presidential candidates (Vladimir Putin and Vladimir Zhirinovskiy). The research materials included the 2020 All-Russian Population Census, actually conducted in 2021, and the GAS-Elections database of the Central Election Commission of the Russian Federation. The study applied cartographic and statistical methods; a special method of correlation analysis was used to establish the closeness of the relationship between the indicators.

An analysis of turnout dynamics showed a decrease in turnout at the 2021 elections to the State Duma compared to the 2003–2016 average, as well as at the 2018 presidential elections compared to the 2004–2012 level. The latest election campaign to the State Duma demonstrated an increase in support for the Communist Party of the Russian Federation and a decrease in the ratings of the United Russia and the Liberal Democratic Party of Russia in Eastern Siberia. In the presidential elections, there is noted a positive trend in votes for Vladimir Putin in constituent entities of the Russian Federation with predominantly Russian population and its decline in some constituent entities created according to the national-ethnic principle (the Republic of Sakha) as well as territories formed based on this principle (Aginsky Buryatsky District of the Transbaikalian Territory), etc.

Keywords: Eastern Siberia, turnout, political preferences, elections, ethnic groups, municipalities

Funding. The study was carried out as part of state assignment of the Institute of Geography of SB RAS AAAA-A21-121012190018-2.

For citation: Razmakhina, Yu.S. (2024). Transformation of the ethnic factor's influence on the results of federal elections (2003–2021) in Eastern Siberia. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 26–37. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-26-37

Введение

Этническая принадлежность является важной характеристикой изучения электорального поведения избирателей в политической географии. Исследователями в области электоральной географии подчеркивается, что этничность, наряду с поселенческими особенностями (проживание жителей в городе или селе), влияет на поведение избирателей более ощутимо, нежели социально-экономические факторы [18]. Ранее нами было доказано, с одной стороны, наличие взаимосвязи между этничностью и явкой, а с другой – влияние национального фактора на политические предпочтения [19]. Как отмечает Р.Ф. Туровский [19], на выборах 1999–2000 гг. оформилась тенденция поддержки «партии власти» у народов, принадлежавших к мусульманским и буддистским культурам. По нашим наблюдениям, конформизм коренных народов по-прежнему актуален для титульных крупных этносов (буряты, тувинцы, хакасы и якуты), в то же время с данным типом голосования, характерным для этнических территорий, произошли некоторые изменения.

Этническая принадлежность является одним из инструментов политических технологий, который обеспечивает сбор голосов избирателей посредством предоставления им преимущественно материальных благ или символических ценностей [8; 22]. В качестве примера можно указать грант от регионального отделения партии, на средства которого (1 млн руб.) был сооружен парк с детской площадкой в одном из муниципалитетов Окинского района Бурятии за выдающийся уровень голосования на выборах [21].

Типичной моделью поведения титульных народов в субъектах РФ служит поддержка «партии власти», что также имеет отношение к республиканскому типу голосования, выделенному Р.Ф. Туровским (конформистский настрой значимой части электората в республиках) [19; 20], и слабый уровень поддержки оппозиционных сил. Некоторые исследователи характеризуют данное явление как патриархальный тип электорального поведения, который предполагает единообразное голосование, высокую явку, уважение к руководящим лицам и т.д. [9]. Например, жители Эвенкийского АО, участвующие в фокус-группах, которые были посвящены объединению региона с Красноярским краем, высказывались против укрупнения субъектов РФ, приводя следующие аргументы: «потеря статуса региона, снижение финансирования, сокращение ставок в бюджетной сфере и т.д.». После успешного итога референдума об объединении Красноярского края и Эвенкийского АО (проголосовали «за» 92,4 % жителей в Красноярском крае и 79,9 % в Эвенкии), спустя год после проведения указанной реформы, участники фокус-группы прокомментировали свое решение следующим образом: «Проголосовали, потому что губернатор попросил. Мы понимали, что его сильно «нагнули» в Москве. Это была наша дань Золотареву (губернатору), за все, что он для нас сделал» [9].

К причинам поддержки «партии власти» исследователи относят: получаемые из федерального центра дотации в бюджеты субъектов РФ, использование административного ресурса на региональном и муниципальном уровнях, коллективное голосование представителей этнических групп за нужную партию или кандидата, практикуемое традиционных общественных структурах (тейпы и тукхумы на Северном Кавказе и др.) [1]. Помимо конформистского настроения существует другая причина отсутствия

Экономическая, социальная и политическая география
Размахина Ю.С.

популярности оппозиционных партий у титульных этносов в регионах РФ – их некоторые предвыборные лозунги с националистическим подтекстом. В качестве примера можно привести: «Защитить русских!» (ЛДПР), «Слабый народ никогда не сплотит страну. Сегодня стоит вопрос не национальных окраин, а национальной сердцевины» (КПРФ) [1].

Выше упоминалось о высокой явке, что можно рассматривать как следствие контролируемой электоральной культуры [20]. Зачастую явка на выборах бывает чрезмерно высока, что приводит исследователей к мысли о возможных фальсификациях, допущенных в ходе избирательных кампаний. В частности, коллективом зарубежных ученых – Р. Гудноу, Р.Г. Мозер и Т. Смитом [23] – в результате анализа выборов в Государственную Думу 2011 г. выдвинуто предположение о недостоверных данных о явке, если данный показатель составлял 75 % и выше. Исследователи ссылаются на среднюю явку на указанных выборах, которая составила 64 %, а превышение данного порога было характерно для регионов с неудовлетворительным качеством и уровнем жизни населения.

Полагаем, что, несмотря на приближающиеся выборы Президента в текущем году, данная тема еще актуальна, поскольку по итогам прошлых избирательных кампаний в научных работах не рассматривалась динамика голосования и явки на муниципальном уровне, прежде всего именно в Восточной Сибири. Основная цель статьи – анализ динамики явки и количества голосов за партии и кандидатов на выборах в Государственную Думу (2003–2021 гг.) и Президента (2012 и 2018 гг.) в восточносибирских субъектах РФ.

В нашем понимании к указанным регионам относятся республики Бурятия, Тыва, Хакасия и Саха (Якутия), Забайкальский и Красноярский края, Иркутская область. Данный подход отличается от официальных версий составов экономических районов России и ее федеральных округов. Так, Забайкальский край и Республика Бурятия, традиционно считавшиеся частью Восточной Сибири в советской экономико-географической науке, с 2019 г. входят в состав как Дальневосточного экономического района, так и одноименного федерального округа [13]. Это изменение обосновывалось с позиции власти как возможность распространения на указанные регионы различных экономических преференций (вхождение в программу «Дальневосточный гектар», субсидированные авиаперевозки и т.д.).

Что касается Республики Саха (Якутия), то В.Б. Сочава [12] в пределах Северной Азии четко отделял внутриматериковую сибирскую часть от приморской дальневосточной полосы, руководствуясь общегеографическим принципом (внутриконтинентальное макрорасположение Сибири на большом удалении от незамерзающих морей и океанов), согласно чему Якутия является типичной северной частью Восточной Сибири. Также Саха (Якутия) традиционно включается в состав Восточной Сибири в географическом описании Советского Союза в 22 томах [16], В.В. Воробьевым [4], научно-справочным изданием энциклопедического типа «География Сибири в начале XXI в.» (ИГ СО РАН) [7].

По данным Всероссийской переписи населения 2020 г. (фактически была перенесена на 2021 г.), в Восточной Сибири проживают 1 330 509 человек [5], которые относятся к коренным народам региона, что составляет 16,6 % от общей численности жителей, указавших свою национальность (8 017 422). Подавляющая часть из них (94,8 %) относится к крупным этносам, таким как буряты, тувинцы, хакасы и якуты. По нашим наблюдениям, именно эти народы в большей степени вносят свою лепту в политико-географические процессы макрорегиона.

В свою очередь, влияние этнического фактора на итоги выборов связано с местом и статусом территории проживания титульных народов Восточной Сибири в иерархии национальных единиц государственного и муниципального устройства, а также других этнических территорий в Восточной Сибири. Главенствующее положение занимают республики, в которых проживают вышеупомянутые народы. Ст. 5 Конституции РФ подчеркивает, что республики являются государствами, т.к. обладают собственной конституцией (в остальных регионах страны – уставы) и законодательством, государственными символами (флаг, герб, гимн), собственным языком, использующимся на официальном уровне наряду с русским и т.д. [15].

Далее представлены административно-территориальные единицы с особым статусом (АТЕОС) или бывшие автономные округа: Усть-Ордынский и Агинский Бурятские округа (УОБО и АБО), Таймырский Долгано-Ненецкий и Эвенкийский муниципальные районы. Поскольку на федеральном уровне не был разработан соответствующий законопроект, где бы четко была сформулирована роль и функции АТЕОС, главным их полномочием, на наш взгляд, является повышенное представительство коренного населения в органах законодательной власти вновь образованных субъектах. Кроме того, из-за низкой плотности населения некоторых территорий дается возможность определять границы

муниципальных образований (МО), отходя от требований Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления»; предусмотрены иные принципы расчета бюджетных трансфертов для МО АТЭС, нацеленные на повышенные нормы обеспеченности бюджета; допускаются особые наименования представительного органа и главы МО с учетом местных историко-культурных традиций; могут предоставляться отдельные права по защите исконной среды обитания и традиционного образа жизни народов [15]. По доле коренного населения и, как следствие, способности влиять на итоги выборов более значимыми для нас являются УОБО (41,4 %) и АБО (63 %), нежели Таймырский Долгано-Ненецкий (21 %) и Эвенкийский (24,5 %) районы.

Нижней ступенью административно-территориального деления этнических территорий макрорегиона являются места традиционного проживания и традиционной деятельности коренных малочисленных народов (КМНС). В Восточной Сибири, согласно приложению (перечню) к Федеральному закону «О гарантиях прав коренных малочисленных народов РФ» (1999 г.), выделяется 51 район, из которых 21 расположен в Саха (Якутии), 8 – в Иркутской области, 7 – в Бурятии, 6 – в Красноярском крае, 4 – в Туве, 3 – в Забайкальском крае и 2 – в Хакасии. Коротко характеризуя данный закон, отметим, что он предполагает защиту исконной среды обитания и традиционной деятельности КМНС. Некоторые его положения, например право безвозмездного пользования природными богатствами для малочисленных народов, требуют специального правового регулирования в отраслевых законах (Земельном, Лесном, Водном кодексах РФ) и т.д.

Таким образом, влияние этнического фактора на итоги выборов раскрывается посредством подавляющей доли титульных этносов в субъектах РФ в сравнении с русским населением в некоторых МО, что закреплено институционально с помощью разного статуса этнических территорий. Наиболее значим вклад этничности в электоральные процессы в республиках и в меньшей степени в местах проживания КМНС вследствие их малочисленности.

Материалы и методы исследования

Нами были рассмотрены выборы в Государственную Думу (2003, 2007, 2011, 2016, 2021 гг.) и Президента (2004, 2008, 2012, 2018 гг.). В качестве их итогов проанализированы явка, количество голосов за наиболее популярные партии (ЕР, КПРФ и ЛДПР) и поддержка избирателями кандидатур В.В. Путина и В.В. Жириновского на президентских выборах.

Что касается динамики голосов за вышеупомянутых кандидатов, выборы Президента изучались нами за более короткий период времени, поскольку осуществлялась привязка, как минимум, к количеству голосов за действующего Президента, а также другого известного политика – В.В. Жириновского. Как показал ранее корреляционный анализ, взаимосвязь между долей коренных народов региона и количеством голосов за данных кандидатов прослеживается наиболее контрастно: например, на выборах Президента 2012 г. значимый коэффициент корреляции составил 0,78 (В.В. Путин), а в отношении В.В. Жириновского – 0,91 [14].

Нами проанализирована явка (среднее значение) на выборах в Государственную Думу и Президента за указанные годы, а также ее динамика. Динамика рассчитывалась следующим образом: была взята разница между средним показателем 2003–2016 гг. (выборы в нижнюю палату Парламента РФ), 2004–2012 гг. (президентские выборы) и последними избирательными кампаниями 2018 и 2021 гг. соответственно. При анализе выборов Президента примечательно было обратить внимание на динамику голосов за В.В. Путина и В.В. Жириновского в 2012–2018 гг. Также представляет интерес вопрос, как трансформировалась поддержка оппозиционных партий на выборах в Государственную Думу за указанный период. В некоторых случаях можно наблюдать существенные изменения, когда количество голосов за ту или иную партию выросло и сократилось в несколько раз. В данном случае применялся средний показатель за 2003–2016 гг.

Данное исследование опирается на отчеты ЦИК РФ в системе «ГАС-Выборы» [11]. Также использовались данные Всероссийской переписи 2020 г. [5] в качестве демонстрации тесноты связи между этничностью и итогами выборов.

В качестве территориальных ячеек исследования были выбраны муниципальные образования регионов РФ в пределах Восточной Сибири верхнего уровня (районы и городские округа). Основными инструментами, применяемыми в работе, выступают математико-статистический и картографический методы. В частности, для выявления тесноты связи между показателями использован метод корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

Анализ последних выборов в Государственную Думу показывает высокую тесноту взаимосвязи между этничностью и явкой – 0,73 (рис. 1). Однако, например, ранее теснота связи между этими явлениями была более выражена, что можно заметить по предыдущим избирательным думским кампаниям. Так, коэффициент корреляции по выборам в Государственную Думу 2016 г. составлял 0,77.

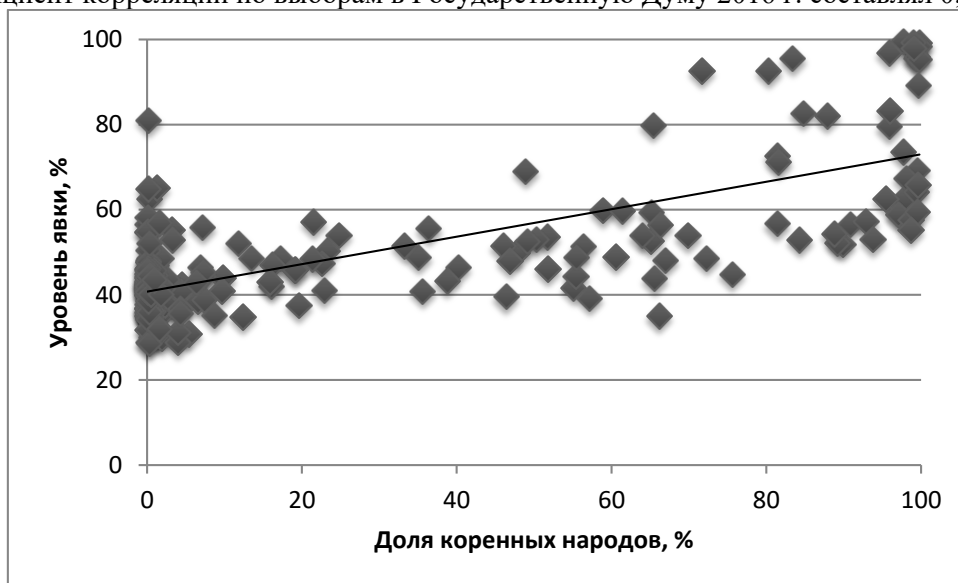


Рис. 1. Взаимосвязь доли коренных народов (%) и явки на выборах в Государственную Думу 2021 г. в муниципальных образованиях регионов Восточной Сибири

Fig 1. The relationship between the share of indigenous peoples (%) and turnout at the 2021 State Duma elections in municipalities of Eastern Siberia's regions

Для подавляющего числа восточносибирских МО (123 из 228) характерна высокая явка (50–75 %) на парламентских выборах (рис. 2). Наибольшее число приходится на Республику Саха (Якутия), за исключением пяти районов с очень высокой явкой: Амгинского (75,9 %), Анабарского (85,3 %), Горного (78,2 %), Оленекского (81,5 %) и Усть-Алданского (76,5 %), в которых доля коренного населения составляет более 90 %. Очень высокая явка (более 75 %) характерна также для большинства муниципалитетов Тувы, за исключением г. Кызыл (70,8 %).

Достаточное количество МО в макрорегионе (82) характеризуется низкой явкой (менее 50 %). В большей степени к ним относятся крупные промышленные города и районы, а также северные муниципалитеты: Иркутск (42,6 %), Северобайкальск (48,3 %), Чита (48,6 %), Красноярск (45,9 %), Абакан (43,3 %) и др. Большинство из них характеризуется низкой долей коренного населения, за исключением Эхирит-Булагатского (55,1 %) и Иволгинского (66,2 %) районов Республики Бурятия, г. Улан-Удэ (35,6 %).

Тем не менее для большинства МО (197) характерно уменьшение явки в среднем на 11,8 %. Исключение составляют почти все муниципалитеты Тувы, кроме г. Ак-Довурак, Закаменский район Бурятии, в которых высока доля коренного населения, а также значительная часть МО с преобладающей долей русского населения. Это особенно характерно для Красноярского края. В значительной части его муниципалитетов преобладает поддержка «партии власти», как указывал Р.Ф. Туровский [20], что сочетается, как правило, с высокой явкой или, как минимум, приводит к повышению последней, что будет указано нами далее (табл. 1).

Следует отметить, что на выборах Президента РФ при преобладающем количестве муниципалитетов, где также можно наблюдать уменьшение явки (137), присутствует достаточное количество МО с увеличенной явкой. Большая часть из них сосредоточена в Республике Тыве (самая высокая явка в РФ [10]), а также Хакасии, Бурятии и Красноярском крае. В некоторых районах Тывы явка превысила 99%: Монгун-Тайгинском (99,5 %), Тес-Хемском (99,7 %), Улуг-Хемском (99,2 %), Сут-Хольском (99,1 %), Эрзинском (99,1 %) [15]. Напротив, снижение данного показателя свойственно для МО Иркутской области (самая низкая явка по стране [10]), Забайкальского края и что примечательно для Республики Саха (Якутия) (табл. 2). Последний регион представляет собой нетипичный пример, поскольку обычно национально-этническая периферия характеризуется высокой явкой и поддержкой действующей власти. Стоит отметить, что выборы Президента в большей степени интересны населению Восточной Сибири, в отличие от избирательной

Экономическая, социальная и политическая география
Размахина Ю.С.

кампании в Государственную Думу, поскольку средняя явка в Восточной Сибири на выборах Президента в 2004–2018 гг. составила 56,3 %, а в целом по РФ была значительно выше (66,7 %), однако на выборах в Государственную Думу в 2003–2021 гг. в среднем показала 49,0 % в макрорегионе и 56,3 % в стране.

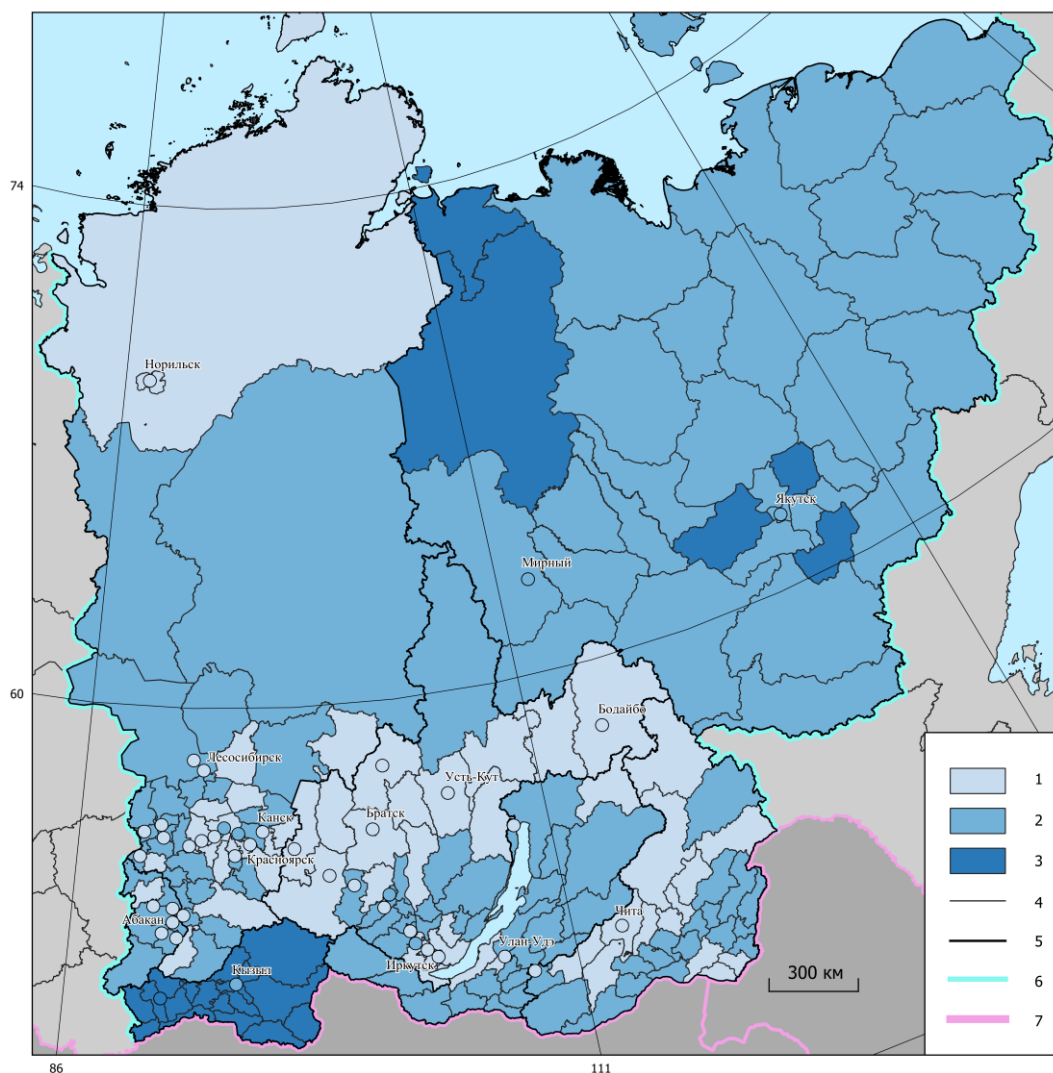


Рис. 2. Средняя явка на выборах в Государственную Думу 2003–2021 гг.
Явка в субъектах РФ: 1 – низкая (менее 50 %), 2 – высокая (50–75 %), 3 – очень высокая (более 75 %).

Границы: 4 – муниципалитетов, 5 – регионов-субъектов РФ,
6 – Восточной Сибири с другими макрорегионами, 7 – государственные

Fig 2. Average turnout in elections to the State Duma in 2003–2021. Turnout in the constituent entities of the Russian Federation: 1 – low (less than 50%), 2 – high (50–75%), 3 – very high (more than 75%).
Borders: 4 – of the municipalities, 5 – of the regions of the Russian Federation,
6 – of Eastern Siberia with other macro regions, 7 – state.

Таблица 1

МО Красноярского края с повышенной явкой в 2021 г. в сравнении с аналогичным средним показателем за 2003–2016 гг.
Municipalities of the Krasnoyarsk Territory with increased turnout in 2021 compared to the same average for 2003–2016

№	МО (городские округа, районы и др.)	Средняя явка 2003–2016 гг., %	Явка за 2021 г., %	Динамика явки, п.п.
	Березовский	38,6	42,9	+11,1
	ЗАТО п. Солнечный	62,5	65,1	+4,7
	Казачинский	53,6	54,7	+2,1
	г. Красноярск	43,7	54,7	+25,2
	г. Норильск	42,5	45,7	+7,5
	Северо-Енисейский	71,0	81,0	+14,1
	Туруханский	52,1	52,9	+1,5
	Шарыповский	59,9	64,9	+8,2
	Эвенкийский	54,8	55,6	+1,5

Экономическая, социальная и политическая география
Размахина Ю.С.

Таблица 2

МО Республики Саха (Якутия) с пониженной явкой 2018 г. в сравнении с 2004–2012 гг.
Municipalities of the Republic of Sakha (Yakutia) with reduced turnout in 2018 compared to 2004–2012

№	МО (городские округа, районы и др.)	Средняя явка за 2004–2012 гг., %	Явка за 2018 г., %	Динамика явки, %
1	Абыйский	91,1	75,1	-21,3
2	Алданский	69,7	63,0	-10,6
3	Аллаиховский	77,4	72,8	-6,3
4	Амгинский	91,3	83,2	-9,7
5	Анабарский	94,8	91,7	-3,4
6	Булунский	80,0	70,2	-13,9
7	Верхневилуйский	85,8	80,5	-6,6
8	Верхнеколымский	74,8	68,6	-9,0
9	Верхоянский	78,1	67,5	-15,7
10	Вилуйский	77,9	70,5	-10,5
11	Горный	91,5	89,0	-2,8
12	Жиганский	80,1	74,3	-7,8
13	Кобяйский	82,9	75,0	-10,5
14	Ленский	71,3	70,7	-0,8
15	Мегино-Кангаласский	78,3	74,1	-5,6
16	Мирнинский	72,5	66,3	-9,3
17	Момский	87,9	74,9	-17,3
18	Намский	82,6	73,4	-12,5
19	Нерюнгринский	74,1	68,7	-7,8
20	Нижнеколымский	80,1	74,5	-7,5
21	Нюрбинский	80,7	67,7	-19,2
22	Оймяконский	70,6	64,2	-10,0
23	Олекминский	80,2	72,2	-11,1
24	Среднеколымский	84,9	71,1	-19,4
25	Сунтарский	83,5	73,8	-13,1
26	Таттинский	84,3	78,8	-7,0
27	Томпонский	71,7	63,8	-12,4
28	Усть-Алданский	88,3	79,2	-11,5
29	Усть-Майский	80,8	67,5	-19,7
30	Усть-Янский	78,8	74,7	-5,5
31	Хангаласский	78,3	70,1	-7,7
32	Чурапчинский	86,6	80,4	-7,7
33	Эвено-Бытантайский	84,2	71,1	-18,4
34	г. Якутск	75,1	70,3	-6,8

Именно высокую явку аналитики называют главным результатом выборов Президента 2018 г. В качестве доказательства приводятся городские муниципалитеты Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Норильск и др.), где достижение явки в 50 % [6] было трудновыполнимой задачей, теперь же во всех МО, включая указанные, явка превысила 50 %.

Корреляционный анализ выявил наличие высокой тесноты связи между средними показателями: количеством голосов за политическую партию «Единая Россия» и явкой за 2003–2021 гг. – 0,86 (рис. 3). Взаимосвязь между явкой и количеством голосов за В.В. Путина также представляется значимой и составляет 0,73 (за 2012–2018 гг.).

Динамика поддержки ЕР говорит о снижении количества голосов (199 МО) за данную партию в среднем на 11 %. В большинстве указанных МО (146) наблюдается снижение количества избирателей в среднем на 10,2 % (в оставшихся 53 – в среднем на 11,3 %). Как и прежде, рост голосов за партию обеспечили муниципалитеты Тувы, за исключением г. Ак-Довурак (-14,6 %), Дзун-Хемчикского (-5,6 %) и Чаа-Хольского (-3,8 %) районов, в которых, напротив, наблюдается увеличение количества избирателей от 10,9 до 15,0 %. К причинам отрицательной динамики голосования за партию как на федеральных, так и региональных выборах [2], эксперты относят непопулярные решения ЕР (повышение пенсионного возраста), в т.ч. во время пандемии, уменьшение количества пенсионеров по естественным причинам как одного из важных звеньев электората партии.

Экономическая, социальная и политическая география
Размахина Ю.С.

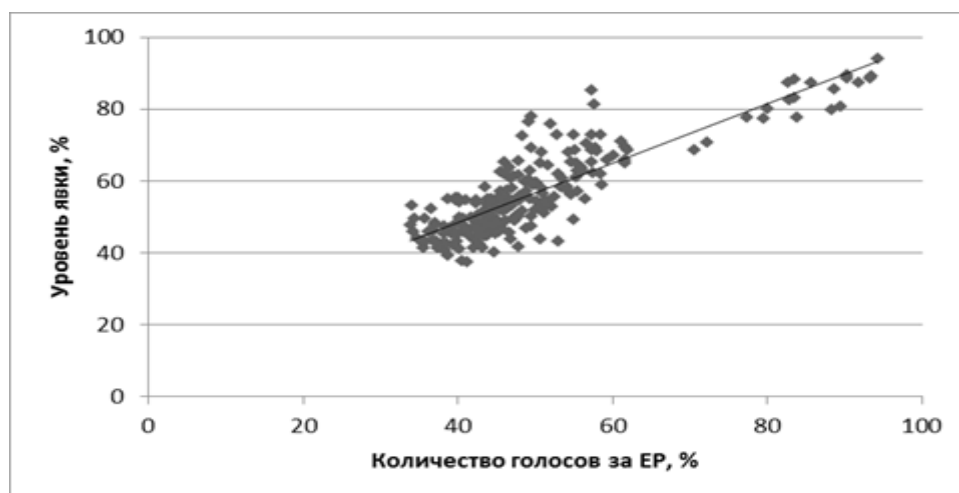


Рис. 3. Взаимосвязь количества голосов за ЕР и средней явки за 2003–2021 гг.

Fig. 3. The relationship between the number of votes for the United Russia and average turnout for 2003–2021

Противоположная тенденция наблюдается в отношении КПрФ. В большем количестве МО (те же 198) наблюдается повышение доли голосов, отданных за партию в среднем на 10,5 %. Подобное явление обусловлено, как полагает Р.Ф. Туровский, снижением популярности ЛДПР у избирателей и выбором между двумя главными оппозиционными партиями (КПрФ и ЛДПР), что свидетельствует главным образом об отсутствии выбора у протестно настроенного электората [2]. В некоторых муниципалитетах, особенно это касается Республики Саха (Якутия), количество голосов, отданных за КПрФ, выросло в несколько раз (табл. 3), и, напротив, в Тыве наблюдается выраженное снижение количества голосов за коммунистов. В качестве примера можно привести Тере-Хольский район, в котором доля голосов за КПрФ снизилась на 19 %.

Таблица 3

Динамика голосования за КПрФ в МО Республики Саха (Якутия)
с многократным увеличением количества голосов
Dynamics of voting for the Communist Party of the Russian Federation in the municipalities
of the Republic of Sakha (Yakutia) with a multiple increase in votes

№	МО (городские округа, районы и др.)	Среднее количество голосов за партию КПрФ в 2003–2016 гг., %	Количество голосов за партию КПрФ в 2018 г., %	Динамика количества голосов, п.п.	Прирост (во сколько раз)
1	Аллаиховский	11,0	40,9	+271,8	+3,7
2	Вилнойский	10,2	37,2	+264,7	+3,6
3	Горный	8,9	37,4	+320,2	+4,2
4	Кобяйский	10,0	35,5	+255,0	+3,5
5	Ленский	11,3	35,1	+210,6	+3,1
6	Мирнинский	10,3	33,3	+223,0	+3,2
7	Намский	11,3	39,1	+246,01	+3,4
8	Нюрбинский	12,9	38,8	+200,8	+3,0
9	Оймяконский	9,8	29,6	+202,0	+3,0
10	Сунтарский	12,1	39,1	+223,1	+3,2
11	Таттинский	9,4	41,1	+437,2	+4,4
12	Томпонский	10,1	30,4	+201,0	+3,0
13	Чурапчинский	9,9	48,1	+385,8	+4,8

* Все МО Якутии показали прирост голосов за КПрФ, в таблице указано наиболее высокое увеличение голосов за партию

* All municipalities of Yakutia showed increase in votes for the Communist Party of the Russian Federation, the table cites the highest numbers

Партию ЛДПР можно охарактеризовать как наименее популярную среди самых известных партий в Восточной Сибири. Причины слабой позиции партии среди местного электората заключаются в размытости политической линии, поддержке обязательной вакцинации во время пандемии, что оттолкнуло от нее протестно настроенных избирателей, усталость от бывшего лидера ЛДПР В.В. Жириновского и переориентация части избирателей на партию «Новые Люди» [2].

В 2021 году поддержка ЛДПР по регионам составила: 13,9 % в Забайкальском крае, 13,8 % – Красноярском крае, 9,9 % – Иркутской области, 9,7 % – Хакасии, 6,2 % – Бурятии, 5,7 % – Якутии, 1,1 % – Туве (по данным ЦИК РФ), что свидетельствует о низкой востребованности партии в республиках. Тем не менее количество голосов за ЛДПР немного улучшилось в 2021 г. по сравнению с предыдущими избирательными кампаниями в некоторых МО, имеющих высокую долю титульного населения. Например, в Аллаховском районе Якутии с 7 до 10,6 % (+3,6 %) или тувинском г. Ак-Довурак с 1,5 до 2,1 % (+0,6 %). Однако в целом данные изменения являются незначительными. В среднем снижение популярности партии среди населения восточносибирских муниципалитетов составило 4,3 %. Стоит отметить, что отношение к бывшему лидеру ЛДПР В.В. Жириновскому на последних президентских выборах более позитивно, несмотря на общую тенденцию к снижению количества голосов (в среднем на 1,3 %), отданных за него. Небольшое увеличение числа голосов отмечено в этнических МО – Селенгинском районе Бурятии, где прирост составил 2,1 % (с 4,6 до 6,7 %), Агинском округе Забайкальского края – 2,1 % (с 3,8 до 5,9 %) районах и пр.

Положительная динамика наблюдается по итогам выборов 2012 и 2018 гг. относительно кандидатуры действующего президента: прирост доли голосов наблюдался в 193-х МО (рис. 4) и в среднем составил 9,3 %. Стоит отметить, что поддержка В.В. Путина оказалась сильна в основном в муниципалитетах с преобладающей долей русского населения. По итогам данных выборов заметно размытие градации голосов за В.В. Путина между регионами европейской части России и Сибирью, а также частично Дальним Востоком: ранее в последних уровень голосов за действующего президента был ниже [6]. Например, в столицах регионов (Красноярске и Иркутске) доли голосов, отданных за В.В. Путина, по итогам кампаний 2012 и 2018 гг. составили 75,8 и 72,5 % соответственно. Некоторые эксперты связывают это, в частности, с тем, что в Красноярске одними из наиболее насущных являются экологическая проблема и отсутствие метрополитена в городе-миллионере, к решению которых выказал готовность подключиться действующий президент.

Некоторые МО с высокой долей коренного населения, напротив, показали уменьшение доли голосов за действующего президента. В первую очередь это явление затронуло большинство районов и столицу Якутии (самый низкий результат), АБО в Забайкальском крае, некоторые муниципалитеты Тувы. В последних сокращение доли голосов менее выражено.

Снижение доли голосов, отданных за В.В. Путина, в Якутии специалисты объясняют через призму деятельности бывшего главы республики Е.А. Борисова. Он был назначен на должность Президента Республики Государственным Собранием (Ил Тумэн) в 2010 г. Далее одержал победу в выборах на должность главы Республики Саха (Якутия) в 2014 г. В то же время Е.А. Борисов позиционировал себя ответственным за реализацию проектов «Единой России» в регионе. Когда же те меры, которые он прикладывал для улучшения социально-экономического положения региона, например в ходе реализации программы переселения из аварийного жилья и пр., оказались неэффективными, население республики стало менее расположено к указанной партии и к ее лидеру [3]. Несмотря на победу в выборах на должность Главы Республики в 2014 г., количество голосов за Е.А. Борисова (58,8 %) выглядит более скромно на фоне его преемника А.С. Николаева (71,4 %) – бывшего мэра Якутска, в 2018 г. вступившего в должность главы Республики Саха (Якутия) и также представляющего политическую партию «Единая Россия».

Экономическая, социальная и политическая география
Размахина Ю.С.

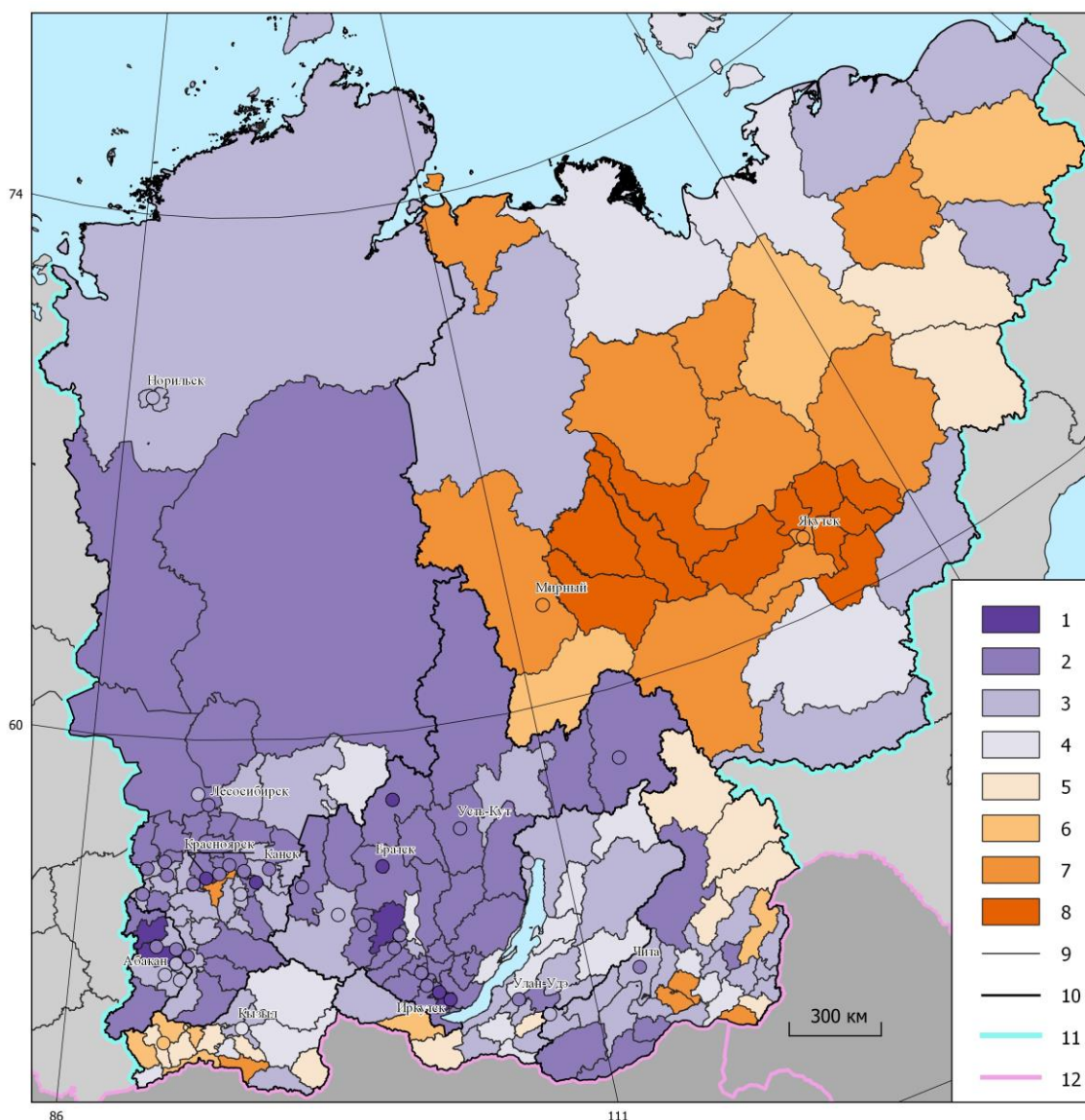


Рис. 4. Динамика доли голосов, отданных за В.В. Путина на выборах 2012–2018 гг.

Положительная динамика: 1 – незначительное увеличение (0–2 %), 2 – ниже среднего (2–5 %), 3 – среднее (5–10 %), 4 – высокое (10–18 %), 5 – очень высокое (более 18 %). Отрицательная динамика: 6 – незначительное снижение (0–2 %), 7 – среднее (2–8 %), 8 – высокое (более 8 %). Границы: 9 – муниципалитетов, 10 – субъектов РФ, 11 – Восточной Сибири с другими макрорегионами, 12 – государственные

Fig. 4. Dynamics of the level of votes for Vladimir Putin in the 2012–2018 elections.

Positive dynamics: 1 – slight increase (0–2%), 2 – below average (2–5%), 3 – average (5–10%), 4 – high (10–18%), 5 – very high (more than 18%). Negative dynamics: 6 – slight decrease (0–2%), 7 – average (2–8%), 8 – high (more than 8%). Borders: 9 – of the municipalities, 10 – of the constituent entities of the Russian Federation, 11 – of Eastern Siberia with other macro regions, 12 – state.

Заключение

Особенности различных избирательных кампаний в Восточной Сибири по результатам выборов 2003–2021 гг. подтвердили тесную взаимосвязь этнического состава населения и явки, а также политических предпочтений людей.

Однако теснота связи становится менее выраженной, что показала избирательная кампания 2021 г. в сравнении с предыдущими крупными политическими событиями федерального уровня. Причиной тому послужила некоторая переориентация коренных народов, проживающих в пределах титульных регионов, на оппозиционные партии, что наглядно демонстрирует Республика Саха (Якутия), где во всех муниципалитетах наблюдается прирост голосов за партию КПРФ, а на президентских выборах уменьшилось количество голосов, отданных за В.В. Путина.

Напротив, в субъектах РФ с преобладающей долей русского населения, особенно в Иркутской области и Красноярском крае, а также в Забайкалье, наблюдается уверенная положительная динамика голосования за действующего Президента РФ, что различается с республиканским типом голосования с более выраженными протестными настроениями среди русского населения, обнаруженным ранее для данных территорий Р.Ф. Турувским. Данная закономерность является свидетельством трансформации влияния этнического фактора на итоги избирательных кампаний, которая стала очевидна по результатам выборов Президента 2018 г.

В свою очередь, итоги выборов в Государственную Думу Федерального Собрания РФ (2003–2021 гг.) показывают уменьшение доли голосов, отданных за партию «Единая Россия», которое наблюдалось практически повсеместно, за исключением большинства муниципалитетов Республики Тыва и отдельных территорий иных субъектов РФ.

Вторым значимым аспектом трансформации влияния этнического фактора на итоги избирательных кампаний, на наш взгляд, является рост симпатии к КПРФ, включая регионы РФ и их отдельные МО с преобладающей долей титульного населения, что стало заметно в 2021 г. в сравнении с предыдущим периодом (2003–2016 гг.).

Анализ динамики явки на всеобщих выборах в нижнюю палату Парламента России и Президента РФ обнаружил снижение данного показателя, что особенно характерно для думских избирательных кампаний. При снижении явки в 2018 г. по сравнению с периодом 2004–2012 гг. выборы Президента вызывают больший интерес у населения Восточной Сибири.

Библиографический список

1. Белова Е.В. Влияние этнического фактора на результаты парламентских выборов 4 декабря 2011 года // Вестник Удмуртского государственного университета. Сер. История и филология. 2015. Т. 5. С. 163–169.
2. В каких регионах «Единая Россия» и ЛДПР уступили мандаты коммунистам // РБК. URL: <https://www.rbc.ru/politics/22/09/2021/614a08a09a79471597c9feb6> (дата обращения: 30.06.2023).
3. В Якутии меньше всех проголосовавших за Путина и больше всех – за Грудина // yakutia.info. URL: <https://yakutia.info/article/183550> (30.11.2023).
4. Воробьев В.В. Население Восточной Сибири. Современная динамика и вопросы прогнозирования. Новосибирск: Новосибирское отд. изд-ва «Наука», 1977. 160 с.
5. Всероссийская перепись населения 2020 г. URL: <https://rosstat.gov.ru/vpn/2020> (дата обращения: 06.08.2023)
6. Выборы-2018: Как Путин стал своим среди сибиряков // Регнум. URL: <https://regnum.ru/article/2394066> (дата обращения: 23.05.2023).
7. География Сибири в начале XXI века. В 6 т. Восточная Сибирь / под ред. Л.М. Корытного, А.К. Тулохонова. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2016. Т. 6. 396 с.
8. Гилев А.В. Политические машины и политический клиентелизм в российских регионах // Политическая наука. 2017. № 4. С. 61–84.
9. Гудков И.В. Типологии электорального поведения в контексте выборов органов представительной власти РФ // Человек. Сообщество. Управление. 2008. № 2. С. 14–29.
10. Какой регион обеспечил победу Путину: аномалии прошедших выборов // Московский комсомолец. URL: <https://www.mk.ru/politics/2018/03/19/kakoy-region-obespechil-pobedu-putina-anomalii-proshedshikh-vyborov.html> (дата обращения: 30.06.2023).
11. Календарь выборов (ГАС-Выборы ЦИК РФ). URL: <http://www.izbirkom.ru/region/izbirkom> (дата обращения: 01.08.2023).
12. Корытный Л.М. Макрорегион Северо-Восточной Азии: предпосылки делимитации, состав, границы // Известия РАН. Сер. географическая. 2021. Т. 85, № 1. С. 14–23. doi.org/10.31857/S258755662101009X
13. Общероссийский классификатор экономических регионов. ОК 024-95" (утв. Постановлением Госстандарта России от 27.12.1995 № 640) (ред. от 21.06.2023) (Дата введения 01.01.1997) // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115583/0ea00b4142e612de60c5290a5a547b654573e76d/ (дата обращения: 24.02.2024).
14. Размахина Ю.С. Проблемы национальных территорий Восточной Сибири разного статуса // Геополитика и геоэкодинамика регионов. 2022. Т. 8, Вып. 3. С. 236–243.
15. Размахина Ю.С. Этнический фактор политико-географических процессов в Восточной Сибири: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. Иркутск, 2021. 24 с.
16. Российская Федерация. Восточная Сибирь. Советский Союз. Геогр. описание в 22 т. / отв. ред. В.В. Покшишевский и В.В. Воробьев. М.: Мысль, 1969. 493 с.
17. Сибирский рекорд: Тува сказала «да» Владимиру Путину // Регнум. URL: <https://regnum.ru/news/2392979> (дата обращения: 01.07.2023).
18. Турувский Р.Ф., Гайворонский Ю.О. Влияние экономики на электоральное поведение в России: работает ли «Контракт» власти и общества? // Политика. Анализ. Хроника. Прогноз. 2017. № 3 (86). С. 42–61.
19. Турувский Р.Ф. Концептуальная электоральная карта постсоветской России // Политика. Анализ. Хроника. Прогноз. 2005. № 4. С. 161–202.
20. Турувский Р.Ф. Политическая география. М.; Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 381 с.
21. Фартышев А.Н., Размахина Ю.С., Клепиков И.А. Локальные этнические сообщества и политика: восприятие власти у сойотов // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Политология. Религиоведение. 2023. Т. 43. С. 36–45. doi: 10.26516/2073-3380.2023.43.36

Экономическая, социальная и политическая география

Размахина Ю.С.

22. Шкель С.Н. Бастионы традиции: этнический фактор и политические машины в регионах России // Полис. Политические исследования. 2019. № 1. С. 49–70. doi: 10.17976/jpps/2019.01.05
23. Goodnow R., Moser R.G., Smith T. Ethnicity and electoral manipulation in Russia // Electoral studies. 2014. № 36. P. 15–27. doi: 10.1016/j.electstud.2014.05.005

References

1. Belova, E.V. (2015) "Influence of the ethnic factor on the parliamentary elections results" *Vestnik Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Istoriya i filologiya*. Vol. 5, pp. 163–169.
2. In which regions did United Russia and the Liberal Democratic Party lose their mandates to the communists? // RBC [Electronic resource]. URL: <https://www.rbc.ru/politics/22/09/2021/614a08a09a79471597c9feb6> [Accessed 30.06.2023].
3. The fewest people voted for Putin and the most voted for Grudinin in Yakutia // yakutia.info [Electronic resource]. URL: <https://yakutia.info/article/183550> [Accessed 30.11.2023].
4. Vorob'ev, V.V. (1977). *Naselenie Vostochnoi Sibiri. Sovremennaya dinamika i voprosy prognozirovaniya* [Population of Eastern Siberia. Modern dynamics and forecasting issues], Novosibirskoe otd. izd-va "Nauka", Novosibirsk, Russia.
5. All-Russian population census 2020. [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/vpn/2020> (Accessed: 06.08.2023).
6. Elections 2018: How Putin became one of the Siberians // Regnum [Electronic resource]. URL: <https://regnum.ru/article/2394066> (Accessed: 23.05.2023).
7. Korytnyi, L.M., Tulukhonov, A.K. (ed.) (2016) *Geography of Siberia at the beginning of the 21st century. Eastern Siberia*, Geo: Novosibirsk, Russia.
8. Gilev, A.V. (2017) "Political machines and political clientelism in Russian regions" *Politicheskaya nauka*. no. 4, pp. 61–84.
9. Gudkov, I.V. (2008) "Typologies of electoral behavior in the context of elections of the Russian Federation representative power bodies" *Chelovek. Soobshchestvo. Upravlenie*. no. 2, pp. 14–29.
10. Which region ensured Putin's victory: anomalies of the past elections // Moskovsky Komsomolets [Electronic resource]. URL: <https://www.mk.ru/politics/2018/03/19/kakoy-region-obespechil-pobedu-putina-anomalii-proshedshikh-vyborov.html> (Accessed 30.06.2023).
11. Election calendar (GAS-Elections of the Central Election Commission of the Russian Federation). [Electronic resource]. URL: <http://www.izbirkom.ru/region/izbirkom> (Accessed 01.08.2023).
12. Korytnyi, L.M. (2021) "Macroregion of North-East Asia: prerequisites for delimitation, composition, borders" *Izvestiya RAN. Ser. geograficheskaya*. Vol. 85, no. 1. pp. 14–23. doi.org/10.31857/S258755662101009X
13. All-Russian classifier of economic regions. OK 024-95" (approved by Resolution of the State Standard of Russia dated December 27, 1995 N 640) (as amended on June 21, 2023) (Introduction date 01/01/1997) // KonsultantPlyus [Electronic resource]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115583/0ea00b4142e612de60c5290a5a547b654573e76d/ (Accessed 24.02.2024).
14. Razmakhnina, Yu.S. (2022) "Problems of Eastern Siberia national territories' of different status" *Geopolitika i geoekonomika regionov*. Vol. 85, no. 3. pp. 236–243.
15. Razmakhnina, Yu.S. (2021) *Ethnic factor of political-geographical processes in Eastern Siberia*. Cand sci. diss. abstr. 24 p.
16. Pokhishevskii, V.V., Vorob'ev, V.V. (1969) *Russian Federation. Eastern Siberia. Soviet Union. Geogr. description in 22 volumes*, Mysl': Moscow, the Soviet Union.
17. Siberian record: Tuva said "yes" to Vladimir Putin // Regnum [Electronic resource]. URL: <https://regnum.ru/news/2392979> (Accessed 01.07.2023).
18. Turovskii, R.F., Gaivoronskii, Yu.O. (2017) "The influence of the economy on electoral behavior in Russia: does the "Contract" of government and society work?" // *Politeia*. no. 3(86). pp. 42–61.
19. Turovskii, R.F. (2005) "Conceptual electoral map of post-Soviet Russia" // *Politeia*. no. 4. pp. 161–202.
20. Turovskii, R.F. (1999), *Politicheskaya geografiya* [Political Geography], Izd-vo SGU, Moscow-Smolensk, Russia.
21. Fartyshev, A.N., Razmakhnina, Yu.S., Klepikov, I.A. (2023) "Local ethnic communities and politics: perception of power among the Soyots" *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Politologiya. Religiovedenie*. Vol. 42, pp. 36–45. doi.org/10.26516/2073-3380.2023.43.36
22. Shkel', S.N. (2019) "Bastions of tradition: ethnic factor and political machines in the regions of Russia" *Polis. Political research*. no. 1, pp. 49–70. DOI: 10.17976/jpps/2019.01.05
23. Goodnow R., Moser R.G., Smith T. Ethnicity and electoral manipulation in Russia // Electoral studies. 2014. no. 36. pp. 15–27. doi.org/10.1016/j.electstud.2014.05.005

Статья поступила в редакцию: 26.01.2024, одобрена после рецензирования: 15.04.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 26 January 2024; approved after review: 15 April 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Юлия Сергеевна Размахина

кандидат географических наук,
научный сотрудник лаборатории
георесурсоведения и политической географии,
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН;

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

e-mail: juliarazm@gmail.com

Information about the authors

Yulia S. Razmakhnina

Candidate of Geographical Sciences, Researcher,
Laboratory of Georesource Studies and Political
Geography, V.B. Sochava Institute of Geography
of the Siberian Branch of the Russian Academy of
Sciences;

1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia

Научная статья

УДК 913:911.3

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48

ДИНАМИКА ЭТНИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ РЕГИОНОВ РОССИИ С 1959 ПО 2021 Г.

Наталья Константиновна Теренина

Псковский государственный университет, г. Псков, Россия

brazelon@yandex.ru, Scopus Author ID: 57218822696, Researcher ID: IQU-5817-2023, SPIN-код: 3280-7324

Аннотация. В постсоветский период произошло изменение основных трендов трансформации этнического пространства России, хотя некоторые из них были заложены еще в позднесоветское время. Целью исследования является разработка классификации регионов России по динамике этнической неоднородности в позднесоветский период (с 1959 по 1989 г.) и постсоветский период (с 1989 по 2021 г.). В работе рассмотрены особенности использования таких показателей этнической неоднородности территорий, как энтропия, индексы этнической поляризации и мозаичности. Для оценки динамики этнической неоднородности регионов в исследовании использован индекс этнической мозаичности (индекс Эккеля). Классификация регионов осуществлена с помощью картографической методики, позволяющей совмещать две важнейшие характеристики этнодемографической динамики – изменение удельного веса русского населения и индекса этнической мозаичности. По характеру динамики данных показателей в позднесоветский и постсоветский периоды были выделены классы российских регионов (по пять для каждого периода). Исследование показало, что во временной интервал с 1959 по 1989 г. преобладал процесс относительного выравнивания этнического состава населения регионов России. В этот период росла этническая неоднородность как большинства регионов, выделяемых не по национальному признаку, так и национально-территориальных образований. В период с 1989 по 2021 г. преобладающим в России стал процесс региональной этнической поляризации. Он выражался в нарастании моноэтничности, с одной стороны, подавляющего большинства регионов с преобладанием русского населения и, с другой стороны, большей части республик. В этот период в полной мере проявился процесс «стягивания» титульных народов в свои национально-территориальные образования.

Ключевые слова: перепись населения, этническая структура, индекс Эккеля, энтропия, картографирование

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках проекта № 23-17-00005 «Этноконтактные зоны на постсоветском пространстве: генезис, типология, конфликтогенность».

Для цитирования: Теренина Н.К. Динамика этнической неоднородности регионов России с 1959 по 2021 г. // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 38–48. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48

DYNAMICS OF ETHNIC HETEROGENEITY IN RUSSIAN REGIONS FROM 1959 TO 2021

Natalia K. Terenina

Pskov State University, Pskov, Russia

brazelon@yandex.ru, Scopus Author ID: 57218822696, Researcher ID: IQU-5817-2023, SPIN-код: 3280-7324

Abstract. In the post-Soviet period, there has occurred a change in the main trends in the transformation of the ethnic space of Russia, although some of them were laid down in the late Soviet period. The study aims to develop a classification of Russian regions according to the dynamics of ethnic heterogeneity in the late Soviet period (from 1959 to 1989) and the post-Soviet period (from 1989 to 2021). The paper examines the features of using such indicators of ethnic heterogeneity of territories as entropy, indices of ethnic polarization and mosaic. To assess the dynamics of ethnic heterogeneity of the regions, the ethnic mosaic index (Eckel index) was used. The classification of regions was carried out with the help of a cartographic technique that allows combining two most important characteristics of ethnodemographic dynamics – the change in the proportion of the Russian population and the ethnic mosaic index. According to the nature of the dynamics of these indicators in the late Soviet and post-Soviet periods, classes of Russian regions were distinguished (five for each period). The study showed that from 1959 to 1989 there prevailed the process of relative alignment of the ethnic composition of the population in the regions of Russia. That period was characterized by an increasing ethnic heterogeneity of both the majority of regions formed not on the basis of nationality and national-territorial entities. Between 1989 and 2021 the process of regional ethnic polarization became predominant in Russia. It was expressed in growing mono-ethnicity in, on the one hand, the overwhelming majority of regions with predominance of the Russian population and, on the other hand, most of the republics. During that period, the process of ‘pulling’ the titular peoples into their national-territorial entities manifested itself to the fullest extent.

Keywords: population census, ethnic structure, Eckel index, entropy, mapping

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation, project No. 23-17-00005 'Ethnic contact zones in the post-Soviet space: genesis, typology, conflict potential'.

For citation: Terenina, N.K. (2024). Dynamics of ethnic heterogeneity in Russian regions from 1959 to 2021. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 38–48. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-38-48

Введение

Российские этногеографы, опираясь на результаты переписей населения 2002 и 2010 г., выявили ряд новых тенденций в трансформации этнического пространства страны в постсоветский период. Ими были отмечены такие процессы, как увеличение доли титульных этносов в населении национальных субъектов Российской Федерации, нарастание концентрации большинства крупнейших по численности народов в пределах «своих» национально-территориальных образований. Но был зафиксирован также и противоположный предыдущему процесс территориальной деконцентрации ряда народов, а также их рассеяние по другим регионам, снижение их доли в «своей» республике. Неоднозначные тенденции этнической трансформации характеризовали и регионы, выделяемые не по национальному принципу, часть из которых испытывала снижение удельного веса русского населения, а другая часть – его рост.

Обнародование в начале 2023 г. официальных результатов Всероссийской переписи населения 2021 г. позволило расширить временной интервал анализа этнодемографических процессов, происходящих в постсоветской России. Такой анализ может опираться на ряд методик, разработанных в этнической и культурной географии, в частности на анализ динамики показателей этнической неоднородности регионов страны. Также интерес вызывает сравнение основных трендов этнодемографических процессов в регионах России в постсоветский период с тенденциями в изменении этнической структуры населения регионов, выявленными в позднесоветское время.

Целью работы является разработка классификации российских регионов по изменению этнической неоднородности в позднесоветский период (с 1959 по 1989 г.) и постсоветский период (с 1989 по 2021 г.). Для достижения данной цели используются статистический и картографический методы исследования.

Степень изученности проблемы и научная новизна исследования

В отечественной этнической географии и этнодемографии для оценки пестроты (или неоднородности, гетерогенности) национального состава населения стран и регионов обычно используется индекс этнической мозаичности (ИЭМ), предложенный в 1976 г. Б.М. Эккелем [23], за что данный показатель иногда называют «индексом Эккеля». Чаще всего индекс Эккеля рассчитывается в разрезе регионов страны по итогам одной из переписей населения, но иногда проводится сравнение данных показателей за разные годы с помощью картографического метода. Так, в работе А.Ю. Орлова [17] представлены карты с расчетами ИЭМ за 1959 и 2010 г. по регионам России с последующим качественным анализом изменения индекса за прошедший период. Также данный показатель использовался С.Г. Сафроновым [18] для оценки различий в степени этнической неоднородности городского и сельского населения регионов России по результатам переписи 2010 г.

Величина ИЭМ используется разными авторами для классификации регионов по степени полиэтничности. Минимальное значение, равное нулю, ИЭМ может принять в случае, если на территории 100 % составляют представители одного этноса. На наиболее полиэтничных территориях величина ИЭМ приближается к единице. В отмеченной статье А.Ю. Орлова [17] выделяются следующие классы субъектов Российской Федерации: 1) входящие в ядро русского этноса (ИЭМ менее 0,2); 2) преимущественно «русские», т.е. с перевесом русского населения (ИЭМ от 0,2 до 0,4); 3) преимущественно национальные (ИЭМ от 0,4 до 0,6); 4) наиболее полиэтничные (ИЭМ свыше 0,6).

Но нужно отметить, что данная классификация не является универсальной, т.к. в России на данный момент представлены и моноэтнические национальные республики (Чеченская и Ингушетия). В связи с этим более известна разработанная в культурной географии классификация этноконтактных зон (ЭКЗ), опирающаяся на величину ИЭМ: 1) неярко выраженные ЭКЗ (ИЭМ от 0,2 до 0,4); 2) ярко выраженные ЭКЗ (ИЭМ от 0,4 до 0,6); 3) наиболее полиэтничные территории (ИЭМ свыше 0,6) [6; 12; 13; 14; 22 и др.]. Соответственно, территории с ИЭМ менее 0,2 обычно относятся к моноэтническим, хотя существует и промежуточный рубеж (ИЭМ=0,1), позволяющий выделить дополнительно слабо выраженную ЭКЗ (ИЭМ от 0,1 до 0,2) [21]. Величина ИЭМ=0,1 примерно соответствует доле доминирующего этноса в 95 %, ИЭМ=0,2 – около 90 %, ИЭМ=0,4 – около 75 % [14].

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

Вместе с тем предпринимались попытки анализа количественных изменений ИЭМ по регионам России за определенные временные интервалы. Так, в статье А.Г. Манакова [32] была представлена карта регионов страны с динамикой данного показателя с 1959 по 2010 г. как в целом за период, так и с разбивкой на два интервала – с 1959 по 1989 г. и с 1989 по 2010 г. В другой своей работе автор отобразил на карте изменение ИЭМ в регионах Европейской России с 1897 по 2010 г. [14], для чего потребовался перерасчет данных Первой всеобщей переписи населения 1897 г. в соответствии с современными границами субъектов Российской Федерации.

Сложность интерпретации полученных результатов связана со спецификой самого показателя ИЭМ, который хотя и дает возможность оценить степень этнической неоднородности территории, но не позволяет проследить вклад основных компонентов этнической структуры населения этой территории в величину данного показателя. Другими словами, региональный обзор ИЭМ предполагает дополнительное рассмотрение также и удельного веса представителей ведущих национальностей в регионе. Аналогично при анализе динамики ИЭМ требуется вспомогательная информация за счет изменения удельного веса каких национальностей повышается или понижается величина ИЭМ.

С попыткой решить эту проблему связана научная новизна данного исследования, где представлен опыт картографического анализа динамики ИЭМ по регионам России, позволяющего связать увеличение или уменьшение ИЭМ с ростом или падением доли русского населения. Кроме того, в исследовании приведены результаты сравнения ИЭМ с помощью картографического метода с еще одним показателем, используемым при оценке неоднородности национального состава населения, а именно этнической энтропией. Оценены особенности применения этого показателя в этнической географии.

Материалы и методика исследования

Исследование опирается на этническую статистику по итогам Всесоюзных переписей населения 1959 и 1989 гг. и Всероссийской переписи населения 2021 г., размещенную на сайтах Росстата [5], Демоскоп Weekly [7] и Population statistics of Eastern Europe & former USSR [35].

В работе рассчитаны такие показатели неоднородности (гетерогенности) национального состава населения, как индекс этнической мозаичности (или индекс Эккеля, индекс этнической фракционализации) и этническая энтропия. Первый показатель часто применяется экономистами для выявления связи между сложностью национального состава населения и экономическим развитием территорий (например, [2; 4; 24; 31]). Российские экономисты обычно опираются на опыт аналогичных исследований иностранных авторов и потому используют англоязычное название показателя – индекс этнической фракционализации [25; 28; 29; 34; 37], или индекс этнолингвистической фракционализации (Elf-index) [20].

В зарубежной науке у данного показателя имеются и другие названия, например индекс Херфиндала-Хиршмана [9, с. 23; 20, с. 40]. В публикациях Ю.Ф. Кельмана [9], Л.Э. Лимонова и М.В. Несены [11] отмечено, что этот показатель известен также как индекс Симпсона. Впервые Э. Симпсон предложил его в 1949 г. [36]. Кроме того, в зарубежной науке используется индекс взаимного разнообразия (reciprocal diversity index), который, по сути, является показателем, обратным индексу Симпсона [26].

Тем не менее российские этногеографы и этнодемографы хорошо знают и давно применяют этот показатель именно под названием «индекс этнической мозаичности» (например, [8; 14; 17; 18; 32 и др.]). Обозначенный показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЭМ} = 1 - \sum_{i=1}^N (n_i)^2,$$

где ИЭМ – индекс этнической мозаичности; N – число этнических групп в регионе; n_i – доля i -й этнической группы в регионе.

Кроме того, для оценки этнической неоднородности регионов в ряде публикаций [1; 2; 3; 9; 10] предложены такие показатели, как этническая энтропия и индекс этнической поляризации. К примеру, мультигрупповой индекс энтропии находит применение в практике Бюро переписей США [9, с. 23]. Именно индекс энтропии чаще всего задействуется в исследованиях зарубежных авторов [27; 30; 33].

Индекс энтропии рассчитывается по следующей формуле (обозначения используются, как в предыдущей формуле):

$$\text{Энт} = \sum_{i=1}^N (n_i) \cdot \ln\left(\frac{1}{n_i}\right),$$

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

а индекс поляризации:

$$\text{Поляр} = 1 - \sum_{i=1}^N \left(\frac{0,5-n_i}{0,5} \right)^2 \cdot n_i.$$

Как отмечается исследователями, использующими эти показатели для оценки национальной неоднородности в регионах России, индекс этнической энтропии, в отличие от индекса Эккеля, придает больший вес малочисленным этническим группам, т.е. сильно зависит от числа национальностей в регионе [3, с. 148].

Индекс этнической поляризации достигает своего максимума, когда население распадается на две этнические группы одинакового размера, и уменьшается, когда его структура отклоняется от такой модели [3, с. 149]. По мнению А.Г. Манакова и Л.Б. Вампиловой [15], проанализировавших динамику индекса этнической поляризации в Крыму с 1897 по 2014 г., данный показатель для оценки этнической неоднородности неудобен из-за сложности интерпретации изменения этого показателя, что осложняет осуществление классификаций регионов в соответствии с его динамикой.

Поэтому в нашем исследовании внимание обращено на апробацию другого обозначенного показателя – индекса этнической энтропии (ИЭЭ), что реализовано на основе национальной статистики по итогам Всероссийской переписи населения 2021 г. При этом проводится картографическое сравнение величины этнической энтропии и индекса этнической мозаичности, рассчитанных для регионов России по результатам отмеченной переписи населения. Исследователи делают вывод, что индексы Эккеля и энтропии связаны прямой корреляционной зависимостью, поэтому их можно использовать в рамках единой методики [9, с. 23].

Результаты и их обсуждение

По итогам Всероссийской переписи населения 2021 г. в разрезе регионов страны нами были рассчитаны индекс этнической мозаичности и индекс этнической энтропии. Для сравнения этих показателей по регионам использовался картографический метод. Ниже представлены картосхемы России в границах 2021 г. с величиной индекса этнической мозаичности и индекса этнической энтропии (рис. 1).

Как видно на картосхемах, повышенным значением показателей этнической неоднородности (ИЭМ свыше 0,4 и ИЭЭ более 1,0) характеризуется подавляющее большинство национально-территориальных образований России, к которым примыкает Астраханская область (где высока доля казахов, составляющая в 2021 г. 17,7 %). Выше отмечено, что регионы с величиной ИЭМ от 0,4 до 0,6 принято относить к ярко выраженным этноконтактным зонам, а с ИЭМ, превышающим 0,6, – к наиболее полиэтничным территориям. С помощью картосхем на рис. 1 можно увидеть примерное соответствие регионов, попадающих в категории с ИЭМ от 0,4 до 0,6 и свыше 0,6, и регионов с ИЭЭ от 1,0 до 1,5 и свыше 1,5. При этом самый полиэтничный регион России (Республика Дагестан) в обоих случаях выделяется отдельно. Это единственный регион страны, где ИЭМ составляет более 0,8, а величина ИЭЭ превышает 2,0.

В соответствии с нашими расчетами, величина ИЭЭ превышает ИЭМ в среднем по всем регионам России в 2,885 раза. Минимальное расхождение показателей характеризует Республику Бурятию (1,78 раза), максимальное – Ярославскую область (3,6 раза). К последней примыкают еще три моноэтнических региона – Ивановская, Новгородская и Псковская области (с разницей показателей примерно в 3,5 раза). То есть наибольшее расхождение показателей ИЭМ и ИЭЭ характерно для регионов с минимальными значениями ИЭМ (величина линейного коэффициента корреляции между ИЭМ и разницей двух показателей составляет -0,819). Это косвенно подтверждает утверждение других исследователей о том, что в показателе ИЭЭ придается больший вес малочисленным этническим группам [2; 3]. При этом показатель ИЭЭ опирается на идею, прямо противоположную гипотезе, реализуемой в ИЭМ, а именно, что вклад отдельной группы в этническое разнообразие растет с сокращением ее размера [1, с. 114]. Однако в ходе корреляционного анализа нами не было обнаружено прямой зависимости ИЭЭ от количества национальностей, представленных в регионах России.

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

Как и отмечали ранее другие исследователи [2; 3; 9; 10; 24], индекс этнической энтропии имеет достаточно высокий уровень корреляции с индексом этнической мозаичности (0,971 по итогам переписи 2021 г.). При этом оба показателя характеризуются сильной отрицательной корреляцией с удельным весом представителей наиболее многочисленных этносов в регионах. Но, как и ожидалось с учетом специфики данных показателей, величина линейного коэффициента корреляции с ИЭМ в данном случае несколько выше (-0,981), чем с ИЭЭ (-0,935).

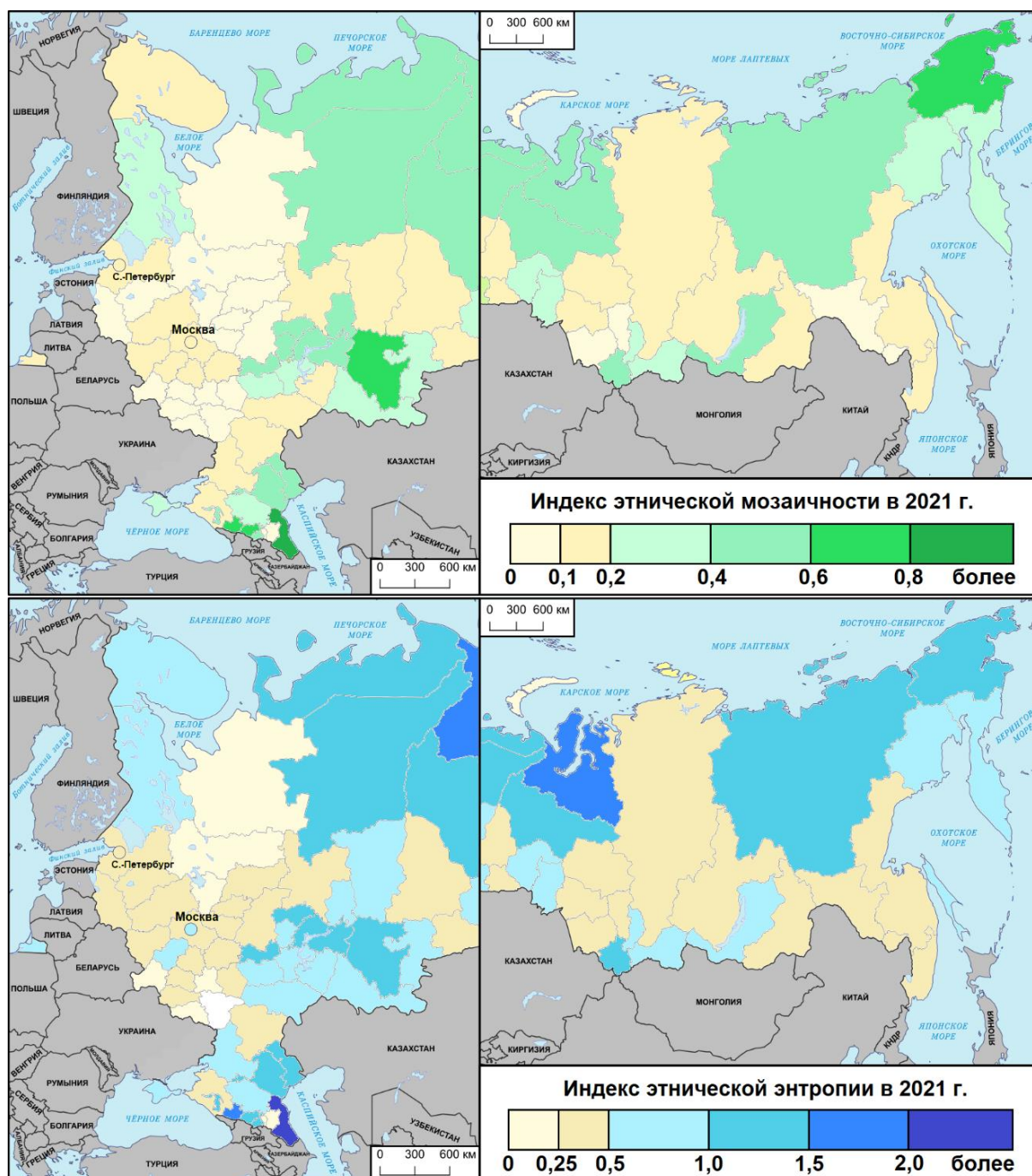


Рис. 1. Величина индекса этнической мозаичности и индекса этнической энтропии по регионам России по итогам переписи населения 2021 г. (в границах на момент проведения переписи)

Fig. 1. The ethnic mosaic index and the ethnic entropy index by regions of Russia based on the results of the 2021 population census (within the boundaries as of the time of the census)

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

Таким образом, оба рассмотренных выше показателя, оценивающие неоднородность национального состава населения территорий, могут быть применены в этногеографических исследованиях. Однако, с учетом большей частоты использования показателя ИЭМ как в этнической географии, так и в этнодемографии, а также опоры на этот показатель ряда разработок в отечественной культурной географии, нами отдан приоритет ИЭМ в плане анализа динамики этнической неоднородности регионов страны в определенные временные интервалы. Результаты расчета изменения величины ИЭМ по регионам России за два временных интервала, характеризующих позднесоветский (1959–1989 гг.) и постсоветский (1989–2021 гг.) периоды, представлены на рис. 2.

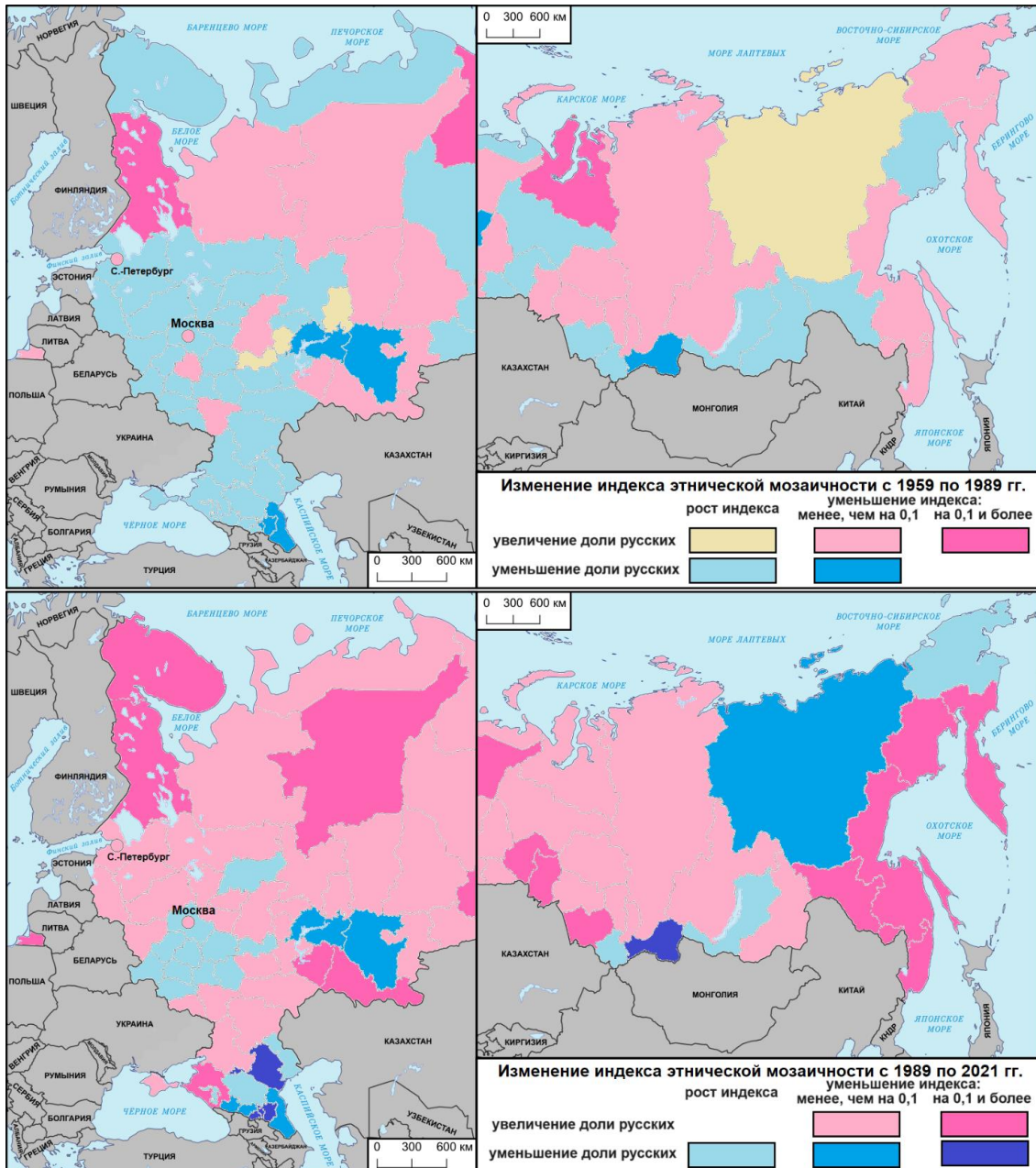


Рис. 2. Изменение величины индекса этнической мозаичности по регионам России (в границах 2021 г.) с 1959 по 1989 г. и с 1989 по 2021 г.

Fig. 2. Change in the ethnic mosaic index by regions of Russia (within the boundaries of 2021) from 1959 to 1989 and from 1989 to 2021

Выбранные временные интервалы сопоставимы по продолжительности (30 лет и 32 года), но при этом характеризуются разными трендами в этнодемографической динамике регионов России. Так, в период между переписями 1959 и 1989 г. этногеографы выявили тренд на нарастание полиэтничности

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

большей части регионов России, испытывавших приток мигрантов с Украины и Белоруссии [16; 32], в меньшей степени – из других союзных республик и национально-территориальных образований РСФСР. На этом фоне во многих автономных республиках России уже тогда обозначился тренд на рост удельного веса титульного населения [32].

В постсоветский период тренд нарастания моноэтничности стал характеризовать большинство регионов России (как национально-территориальных образований, так и выделенных не по этническому признаку). Это происходило как за счет сокращения в регионах доли украинского и белорусского населения (благодаря ассимиляции и частично миграционному оттоку) [16; 32], которое не смог компенсировать приток мигрантов из республик Северного Кавказа и стран ближнего зарубежья, так и «стягивания» ряда титульных народов республик страны в свои национально-территориальные образования [17; 19; 32]. При этом С.Г. Сафронов отмечает, что процессы «стягивания» народов в свои республики несколько замедлились в начале XXI в. [18].

На картах рис. 2, где представлена динамика ИЭМ в регионах России за интервалы между переписями 1959, 1989 и 2021 гг., одновременно отображены, с одной стороны, положительная или отрицательная динамика (рост или уменьшение) и степень изменения ИЭМ (небольшое или значительное уменьшение), с другой стороны, положительная или отрицательная динамика удельного веса русского населения.

При анализе динамики ИЭМ в *позднесоветский период* в первую очередь нужно обратить внимание на значительный массив регионов России с уменьшением доли русского населения. В большинстве случаев это характеризует регионы, выделяемые не по национальному признаку, где произошел рост этнической неоднородности благодаря миграциям в них нерусского населения. При этом падение доли русского населения в ряде автономных республик (Татарской, Башкирской, Тувинской, Дагестанской и Чечено-Ингушской АССР) происходило на фоне уменьшения ИЭМ, что является признаком отмеченного выше процесса «стягивания» титульных народов в свои республики.

Рост ИЭМ, сопровождаемый увеличением доли русских, позволяет выделить в отдельную группу четыре автономные республики – Якутскую, Удмуртскую, Чувашскую и Мордовскую АССР. Еще одну группу составили регионы, где увеличение доли русского населения привело к небольшому уменьшению ИЭМ, что фактически означало движение данных регионов в сторону моноэтнизации. Наиболее резкий рывок (со значительным уменьшением ИЭМ) в этом направлении совершили Карельская АССР и Ямало-Ненецкий автономный округ. Таким образом, предложенная методика позволила выделить пять классов регионов России по этнодемографической динамике в позднесоветский период, не прибегая к использованию дополнительной информации по изменению в них национального состава населения.

При анализе динамики ИЭМ в *постсоветский период* в первую очередь обращает на себя внимание обширный массив регионов с ростом доли русского населения, где произошло небольшое уменьшение ИЭМ. Эта группа регионов заметно выросла по сравнению с позднесоветским периодом. В ускоренном режиме (со значительным уменьшением ИЭМ) этот процесс шел в Республиках Коми и Карелия, ряде регионов Дальнего Востока и казахстанского приграничья, а также в Самарской области и Краснодарском крае.

Намного меньше стало регионов с уменьшающейся долей русского населения. Во-первых, сохранился небольшой «островок» от ранее обширного массива регионов в Центральной России, где продолжался приток нерусского населения, задающий небольшой рост ИЭМ. В этот же класс регионов вошли Ставропольский край, Астраханская область и три национальных региона (Чукотский автономный округ, Республики Бурятия и Алтай), где более существенную роль сыграла разница естественного прироста русского и нерусского населения. Во-вторых, это ряд национальных республик (Саха-Якутия, Татарстан, Башкортостан, Дагестан, Кабардино-Балкария и Карачаево-Черкесия), которые повысили долю титульных народов, что несколько уменьшило степень неоднородности этнической структуры населения в них. В-третьих, это Республики Тыва, Калмыкия, Чеченская и Ингушетия, где произошло значительное уменьшение ИЭМ благодаря быстрому росту удельного веса титульных народов. Две из этих республик (Чеченская и Ингушетия) к 2021 г. стали фактически моноэтничными, в них доля титульных народов достигла 96,4 %.

Таким образом, в соответствии с динамикой ИЭМ и доли русского населения за период с 1989 по 2021 г. выделено пять классов регионов страны, но в отличие от позднесоветского периода выпал класс регионов с одновременным ростом ИЭМ и доли русского населения, зато добавился класс, где представлены национальные республики, достигшие моноэтничности или же стремительно движущиеся в этом направлении. В целом же данная классификация подтверждает процесс «стягивания» как титульных народов в свои республики, так и русского населения в регионы, выделяемые не по национальному признаку. То есть в целом можно говорить о процессе региональной этнической поляризации

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

в постсоветской России, являющемся прямой противоположностью процесса постепенного выравнивания этнического состава населения регионов России в позднесоветский период.

Примененная в исследовании методика позволяет выявить лишь основные черты этнической динамики регионов России. Более глубокий анализ этнодемографических процессов, а также факторов, их определяющих, требует использования иных методик. Тем не менее можно отметить ряд исследовательских задач, которые вытекают из результатов данной работы. В первую очередь, это касается вопросов этнической самоидентификации населения в постсоветский период. В этом плане сюрприз преподнесла Всероссийская перепись населения 2021 г., которая стала рекордной по доле лиц, по разным причинам не обозначивших свою национальную принадлежность (11,7 % от всего населения). Также требуют изучения вопросы, связанные с влиянием обозначенных процессов на межэтническую напряженность в разных типах регионов страны.

Выводы

В отечественной науке для оценки неоднородности национального состава населения стран и регионов обычно используется три индекса: энтропии, этнической поляризации и этнической мозаичности (индекс Эккеля). Индекс энтропии делает упор на учет веса малочисленных этнических групп, и в нем вклад отдельной этнической группы в национальное разнообразие растет с сокращением ее размера. Индекс этнической поляризации достигает наибольшего значения, когда население распадается на две этнические группы одинакового размера, и уменьшается, когда его структура отклоняется от такой модели. Величина индекса этнической мозаичности зависит в первую очередь от удельного веса наиболее многочисленных групп.

В этнической географии и этнодемографии наибольшее распространение получил индекс этнической мозаичности. Именно он применен в исследовании для анализа динамики этнической неоднородности регионов России в позднесоветский и постсоветский периоды. Для визуализации классификации регионов России по динамике этнической неоднородности использована картографическая методика, соединяющая две важнейшие характеристики этнодемографических процессов, а именно изменение удельного веса русского населения и индекса этнической мозаичности.

В позднесоветский период (между переписями населения 1959 и 1989 гг.) преобладал процесс постепенного выравнивания этнического состава населения регионов России. В большинстве регионов, выделяемых не по национальному признаку, произошел рост этнической неоднородности вследствие миграций в эти регионы нерусского населения, что привело к сокращению доли русских (группа 1). Вместе с тем в ряде автономных республик России росла этническая неоднородность из-за увеличения доли русских (группа 2). В этот период пока в меньшинстве были регионы, где обозначились тенденции к нарастанию моноэтничности (снижению этнической неоднородности). В эту категорию вошли некоторые регионы с явным преобладанием русского населения (группа 3) и с перевесом доли русских (группа 4), а также несколько автономных республик (группа 5), где начался процесс «стягивания» титульного населения в свои национально-территориальные образования.

В постсоветский период (между переписями населения 1989 и 2021 гг.) в России стал преобладающим процесс региональной этнической поляризации. С одной стороны, шло нарастание моноэтничности в подавляющем большинстве регионов с доминированием русского населения (группа 1) и с его значительным перевесом (в т.ч. в некоторых национально-территориальных образованиях с преобладанием русского населения) регионов (группа 2). С другой стороны, эту же направленность приняли этнические процессы в большинстве национальных республик (группа 3), в т.ч. некоторые из них уже достигли моноэтничности или стали близки к этому (группа 4). То есть в этот период в полной мере проявил себя обозначившийся в позднесоветский период процесс «стягивания» титульных народов в свои республики. На этом фоне остались небольшие территориальные островки, где сохранялся рост этнической неоднородности, связанный с падением доли русского населения (группа 5). Это происходило как в субъектах Российской Федерации, выделяемых не по национальному признаку (за счет притока нерусского населения), так и в нескольких национальных субъектах (из-за оттока русских и повышенного естественного прироста титульных народов).

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

Библиографический список

1. Буфетова А.Н., Коломак Е.А. Национальная неоднородность в регионах России // ЭКО. 2017. № 4. С. 110–123.
2. Буфетова А.Н., Коломак Е.А., Михалева М.М. Национальное разнообразие и экономическое развитие регионов России // Мир экономики и управления. 2017. Т. 17, № 3. С. 143–157. doi: 10.25205/2542-0429-2017-17-3-143-157.
3. Буфетова А.Н., Коломак Е.А., Хржановская А.А. Национальное и религиозное разнообразие регионов Сибири // ЭКО. 2018. № 5 (527). С. 28–44. doi: 10.30680/ЕСО0131-7652-2018-5-28-44.
4. Васильева Р.И., Рожина Е.А. Эконометрическое моделирование влияния этнического разнообразия на экономическую диверсификацию: анализ регионов России // Journal of Applied Economic Research. 2022. Т. 21, № 4. С. 663–684. doi: 10.15826/vestnik.2022.21.4.023.
5. Всероссийская перепись населения 2021 года. Том 5. Национальный состав и владение языками. Таблица 1. Национальный состав населения. Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/vprn_popul (дата обращения: 10.03.2023).
6. Герасименко Т.И., Родоман Б.Б. Этноконтактные зоны как вид этнокультурных регионов // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2018. № 7. С. 51–59.
7. Демоскоп Weekly. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=8> (дата обращения: 10.03.2023).
8. Дорофеева Д.Ю., Савоскул М.С. Изменение этнической мозаичности регионов России // Этническая демография. Сборник. Сер. Демографические исследования / под ред. И.А. Даниловой, О.А. Хараевой. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 72–93.
9. Кельман Ю.Ф. Географический анализ этнокультурного разнообразия населения США // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2014. № 5. С. 22–29.
10. Коломак Е.А., Буфетова А.Н., Хржановская А.А. Национальное и религиозное разнообразие регионов Сибири // Континент Сибирь / под ред. В.А. Крюкова. Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2020. С. 327–344.
11. Лимонов Л.Э., Несена М.В. Особенности этнокультурного разнообразия российских регионов // Регион: Экономика и Социология. 2015. № 3 (87). С. 146–170.
12. Лысенко А.В., Азанов Д.С., Водопьянова Д.С. Этноконтактные зоны в системе этнокультурного районирования Северного Кавказа // Наука. Инновации. Технологии. 2013. № 1. С. 130–137.
13. Лысенко А.В., Водопьянова Д.С., Азанов Д.С. Этноконтактные зоны Северного Кавказа // Вестник Ставропольского государственного университета. 2011. № 3. С. 165–170.
14. Манаков А.Г. Оценка изменения этнической мозаичности регионов Европейской России в периоды между переписями 1897, 1959 и 2010 гг. // Известия Российской академии наук. Серия: Географическая. 2019. № 2. С. 117–128.
15. Манаков А.Г., Вамтилова Л.Б. Оценка степени неоднородности этнической структуры населения Крыма с 1897 по 2014 гг. // Псковский регионологический журнал. 2023. Т. 19, № 1. С. 113–128. doi: 10.37490/S221979310023933-9.
16. Манаков А.Г., Муравьев А.Д. Картографический анализ динамики численности белорусов и украинцев в России с 1959 по 2010 гг. // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2022. Т. 15, № 2. С. 108–119.
17. Орлов А.Ю. Историко-географические аспекты трансформации этнической структуры населения Российской Федерации // Региональные исследования. 2013. № 2 (40). С. 120–124.
18. Сафронов С.Г. Современные тенденции трансформации этнического состава населения России // Балтийский регион. 2015. № 3 (25). С. 138–153.
19. Стрелецкий В.Н. Сдвиги в этническом расселении в России в конце XX – начале XXI веков и их некоторые культурно-географические аспекты // Южно-российский форум: экономика, социология, политология, социально-экономическая география. 2011. № 1 (2). С. 51–72.
20. Суслов Н.И., Исунова Е.Н., Иванова А.И. Этническое разнообразие в российских регионах и экономический рост: теоретическая модель и ее апробация на панельных данных // Проблемы прогнозирования. 2022. № 2 (191). С. 35–47. doi: 10.47711/0868-6351-191-35-47.
21. Теренина Н.К. Индекс этнической контактности как инструмент изучения территорий со смешанным национальным составом населения // Псковский регионологический журнал. 2022. Т. 18, № 1. С. 101–116. doi: 10.37490/S221979310018427-2.
22. Шитиков Ф.В. Географические особенности этноконфессиональной ситуации на территории Республики Бурятия // Изв. Ирк. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 11. С. 141–148.
23. Эккель Б.М. Определение индекса мозаичности национального состава республик, краев и областей СССР // Советская этнография. 1976. № 2. С. 33–39.
24. Bufetova A.N., Khrzhanovskaya A.A., Kolomak E.A. Cultural heterogeneity and economic development in Russia // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences. 2020. Vol. 13, Iss. 4. P. 453–463. doi: 10.17516/1997-1370-0582.
25. Campos N., Saleh A., Kuzeyev V. Dynamic Ethnic Fractionalization and Economic Growth // Journal of International Trade and Economic. 2011. Vol. 20. P. 129–152.
26. Catney G., Lloyd C.D., Wright R., Ellis M., Finney N., Jivraj S., Manley D. Ethnic diversification and neighbourhood mixing: A rapid response analysis of the 2021 Census of England and Wales // Geographical Journal. 2023. Vol. 189, Iss. 1. P. 63–77. doi: 10.1111/geoj.12507.
27. Catney G., Wright R., Ellis M. The evolution and stability of multi-ethnic residential neighbourhoods in England // Transactions of the Institute of British Geographers. 2021. Vol. 46, Iss. 2. P. 330–346. doi: 10.1111/tran.12416.
28. Churchill S.A. Income and Ethnic Fractionalisation: Evidence from British Microdata // Economic Issues. 2019. Vol. 24, Part 1. P. 21–34.
29. Fedderke J., Luiz J., de Kadt R. Using fractionalization indexes: Deriving methodological principles for growth studies from time series evidence // Social Indicators Research. 2014. Vol. 85. P. 257–278.
30. Lee B.A., Martin M.J.R., Matthews S.A., Farrell C.R. State-level changes in US racial and ethnic diversity, 1980 to 2015: A universal trend? // Demographic Research. 2017. Vol. 37, Iss. 33. P. 1031–1048. doi: 10.4054/DemRes.2017.37.33.

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

31. Limonov L., Nesena M. Regional cultural diversity in Russia: does it matter for regional economic performance? // *Area Development and Policy*. 2016. Vol. 1, Iss. 1. P. 63–93. doi: 10.1080/23792949.2016.1164016.
32. Manakov A.G. Spatial patterns in the transformation of the ethnic structure of the Russian population between the 1959 and 2010 censuses // *Geography and Natural Resources*. 2019. Vol. 40, No. 2. P. 106–114.
33. Martin M.J.R., Matthews S.A., Lee B.A. The Spatial Diffusion of Racial and Ethnic Diversity Across U.S. Counties // *Spatial Demography*. 2017. Vol. 5, Iss. 3. P. 145–169.
34. Papyrakis E., Mo P. Fractionalization, polarization, and economic growth: identifying the transmission channels // *Economic Inquiry*. 2014. Vol. 52. P. 1204–1218.
35. Population statistics of Eastern Europe & former USSR. URL: <http://pop-stat.mashke.org/> (дата обращения: 10.03.2023).
36. Simpson E.H. Measurement of diversity // *Nature*. 1949. Vol. 163, Iss. 4148. P. 688.
37. Taylor C.L., Hudson M.C. World Handbook of Political and Social Indicators II. Section 1. Cross-National Aggregate Data. Michigan University. 1970. 339 p. doi: 10.3886/ICPSR05027.v2.

References

1. Bufetova, A.N., Kolomak, E.A. (2017), National heterogeneity in the regions of Russia, *EKO*, no. 4, pp. 110–123 (In Russian).
2. Bufetova, A.N., Kolomak, E.A. and Mikhaleva, M.M. (2017), National diversity and economic development of Russian regions, *World of Economics and Management*, vol. 17, no. 3, pp. 143–157 (In Russian). doi: 10.25205/2542-0429-2017-17-3-143-157.
3. Bufetova, A.N., Kolomak, E.A. and Khrzhanovskaya, A.A. (2018), National and religious diversity of Siberian regions, *ECO*, no. 5 (527), pp. 28–44 (In Russian). doi: 10.30680/ECO0131-7652-2018-5-28-44.
4. Vasil'eva, R.I., Rozhina, E.A. (2022), Econometric modeling of the impact of ethnic diversity on economic diversification: an analysis of Russian regions, *Journal of Applied Economic Research*, vol. 21, no. 4, pp. 663–684 (In Russian). doi: 10.15826/vestnik.2022.21.4.023.
5. All-Russian population census 2021. Volume 5. National composition and language skills. Table 1. National composition of the population. Rosstat (In Russian), available at: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul (Accessed 10.03.23).
6. Gerasimenko, T.I., Rodoman, B.B. (2018), Ethnocontact zones as a type of ethnocultural regions, *Socio-economic geography. Bulletin of the Association of Russian social geographers*, no. 7, pp. 51–59 (In Russian).
7. Demoscope Weekly (In Russian), available at: <http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/census.php?cy=8> (Accessed 10.03.23).
8. Dorofeeva, D.Yu., Savoskul, M.S. (2010), Changes in the Ethnic Mosaic of Russian Regions, *Ethnic Demography. Collection. Ser. Demographic Studies*, ed. I.A. Danilova, O.A. Kharava, Moscow, MAKSPress, pp. 72–93 (In Russian).
9. Kelman, Yu.F. (2014), Geographical analysis of the ethno-cultural diversity of the US population, *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*, no. 5, pp. 22–29 (In Russian).
10. Kolomak, E.A., Bufetova, A.N. and Khrzhanovskaya, A.A. (2020), National and religious diversity of Siberian regions, *Continent Siberia*, ed. V.A. Kryukov, Novosibirsk, IEOPP SB RAS, pp. 327–344 (In Russian).
11. Limonov, L.E., Nesena, M.V. (2015), Features of the ethnocultural diversity of Russian regions, *Region: Economics and Sociology*, no. 3 (87), pp. 146–170 (In Russian).
12. Lysenko, A.V., Azanov, D.S. and Vodopyanova, D.S. (2013), Ethnocontact zones in the system of ethnocultural zoning of the North Caucasus, *Nauka. Innovation. Technologies*, no. 1, pp. 130–137 (In Russian).
13. Lysenko, A.V., Vodopyanova, D.S. and Azanov, D.S. (2011), Ethnocontact zones of the North Caucasus, *Bulletin of the Stavropol State University*, no. 3, pp. 165–170 (In Russian).
14. Manakov, A.G. (2019), Evaluation of the change in the ethnic mosaicity of the regions of European Russia in the periods between the 1897, 1959 and 2010 censuses, *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, no. 2, pp. 117–128 (In Russian).
15. Manakov, A.G., Vampilova, L.B. (2023), Assessment of the degree of heterogeneity of the ethnic structure of the Crimean population from 1897 to 2014, *Pskov Journal of Regional Studies*, vol. 19, no. 1 pp. 113–128 (In Russian). doi: 10.37490/S221979310023933-9.
16. Manakov, A.G., Muravyov, A.D. (2022), Cartographic analysis of the dynamics of the number of Belarusians and Ukrainians in Russia from 1959 to 2010, *Bulletin of the Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"*, vol. 15, no. 2, pp. 108–119 (In Russian).
17. Orlov, A.Yu. (2013), Historical and geographical aspects of the transformation of the ethnic structure of the population of the Russian Federation, *Regional Studies*, no. 2 (40), pp. 120–124 (In Russian).
18. Safronov, S.G. (2015), Modern trends in the transformation of the ethnic composition of the population of Russia, *Baltic region*, no. 3 (25), pp. 138–153 (In Russian).
19. Streletsky, V.N. (2011), Shifts in Ethnic Settlement in Russia in the Late 20th – Early 21st Centuries and Their Some Cultural and Geographic Aspects, *South Russian Forum: Economics, Sociology, Political Science, Socio-Economic Geography*, no. 1 (2), pp. 51–72 (In Russian).
20. Suslov, N.I., Isupova, E.N. and Ivanova, A.I. (2022), Ethnic Diversity in Russian Regions and Economic Growth: A Theoretical Model and Its Approbation on Panel Data, *Problems of Forecasting*, no. 2(191), pp. 35–47 (In Russian). doi: 10.47711/0868-6351-191-35-47.
21. Terenina, N.K. (2022), The index of ethnic contact as a tool for studying territories with a mixed national composition of the population, *Pskov Journal of Regional Studies*, vol. 18, no. 1, pp. 101–116 (In Russian). doi: 10.37490/S221979310018427-2.
22. Shitikov, F.V. (2015), Geographic features of the ethno-confessional situation on the territory of the Republic of Buryatia, *Izv. Irk. un-ta. Ser. Nauki o Zemle*, vol. 11, pp. 141–148 (In Russian).
23. Ekkel, B.M. (1976), Determination of the mosaic index of the national composition of the republics, territories and regions of the USSR, *Sovetskaya etnografiya*, no. 2, pp. 33–39 (In Russian).
24. Bufetova, A.N., Khrzhanovskaya, A.A. and Kolomak, E.A. (2020), Cultural heterogeneity and economic development in Russia, *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, vol. 13, iss. 4, pp. 453–463. doi: 10.17516/1997-1370-0582.
25. Campos, N., Saleh, A. and Kuzeyev, V. (2011), Dynamic Ethnic Fractionalization and Economic Growth, *Journal of International Trade and Economic*, vol. 20, pp. 129–152.

Экономическая, социальная и политическая география
Теренина Н.К.

26. Catney, G., Lloyd, C.D., Wright, R., Ellis, M., Finney, N., Jivraj, S., Manley, D. (2023), Ethnic diversification and neighbourhood mixing: A rapid response analysis of the 2021 Census of England and Wales, *Geographical Journal*, vol. 189, iss. 1, pp. 63–77. doi: 10.1111/geoj.12507.
27. Catney, G., Wright, R., Ellis, M. (2021), The evolution and stability of multi-ethnic residential neighbourhoods in England, *Transactions of the Institute of British Geographers*, vol. 46, iss. 2, pp. 330–346. doi: 10.1111/tran.12416.
28. Churchill, S.A. (2019), Income and Ethnic Fractionalisation: Evidence from British Microdata, *Economic Issues*, vol. 24, part 1, pp. 21–34.
29. Fedderke, J., Luiz, J. and de Kadt, R. (2014), Using fractionalization indexes: Deriving methodological principles for growth studies from time series evidence, *Social Indicators Research*, vol. 85, pp. 257–278.
30. Lee, B.A., Martin, M.J.R., Matthews, S.A., Farrell, C.R. (2017), State-level changes in US racial and ethnic diversity, 1980 to 2015: A universal trend? *Demographic Research*, vol. 37, iss. 33, pp. 1031–1048. doi: 10.4054/DemRes.2017.37.33.
31. Limonov, L., Nesena, M. (2016), Regional cultural diversity in Russia: does it matter for regional economic performance? *Area Development and Policy*, vol. 1, iss. 1, pp. 63–93. doi: 10.1080/23792949.2016.1164016.
32. Manakov, A.G. (2019), Spatial patterns in the transformation of the ethnic structure of the Russian population between the 1959 and 2010 censuses, *Geography and Natural Resources*, vol. 40, no. 2, pp. 106–114.
33. Martin, M.J.R., Matthews, S.A., Lee, B.A. (2017), The Spatial Diffusion of Racial and Ethnic Diversity Across U.S. Counties, *Spatial Demography*, vol. 5, iss. 3, pp. 145–169.
34. Papyrakis, E., Mo, P. (2014), Fractionalization, polarization, and economic growth: identifying the transmission channels, *Economic Inquiry*, vol. 52, pp. 1204–1218.
35. Population statistics of Eastern Europe & former USSR, available at: <http://pop-stat.mashke.org/> (Accessed 10.03.23).
36. Simpson, E.H. (1949), Measurement of diversity, *Nature*, vol. 163, iss. 4148, pp. 688.
37. Taylor, C.L., Hudson, M.C. (1970), *World Handbook of Political and Social Indicators II. Section 1. Cross-National Aggregate Data*, Michigan University, 339 p. doi: 10.3886/ICPSR05027.v2.

Статья поступила в редакцию: 12.03.2024, одобрена после рецензирования: 22.05.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 12 March 2024; approved after review: 22 May 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Наталья Константиновна Теренина

кандидат географических наук, доцент,
Псковский государственный университет;
Россия, 180000, г. Псков, пл. Ленина, 2

Information about the author

Natalia K. Terenina

Candidate of Geographical Sciences,
Associate Professor, Pskov State University;
2, ploshchad Lenina, Pskov, 180000, Russia

e-mail: brazelon@yandex.ru

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556.535

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВНУТРИГODOVОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
СТОКА РЕК ВОДОСБОРА ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА****Виталий Германович Калинин**¹, Екатерина Владимировна Механошина²^{1, 2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия¹ vgkalinin@gmail.com, Scopus Author ID: 7201527612, Researcher ID: ABC-7662-2021, SPIN-код: 9507-2306, Author ID: 70059² katya_mehanoshina@mail.ru, Scopus Author ID: 57211204998, SPIN-код: 3650-3213, Author ID: 1078805

Аннотация. Статья посвящена изучению пространственных закономерностей внутригodoвoгo распределения речного стока (ВГРС) на реках водосбора Воткинского водохранилища в разные по водности годы. Анализ существующих схем гидрологического районирования исследуемой территории показал, что они значительно отличаются друг от друга как по количеству выделенных таксономических единиц, так и по местоположению их границ. Выявлено несоответствие сроков наступления фаз водного режима в границах таксонов схемы гидрологического районирования, приведенной в Ресурсах поверхностных вод [15], по причине их сильной генерализации. При использовании схемы А.С. Шкляева [11] проведение анализа ВГРС невозможно из-за малого количества (1–5) центров тяжести водосборов рек, попадающих в округа. Поэтому выполнено уточнение границ гидрологического районирования исследуемой территории. Критерием однородности стали группы гидрографов на реках с одинаковыми сроками начала, максимума, окончания весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков, а также значений доли их месячного стока в годовом. Всего выделено шесть районов: северный горный район (реки Вишера, Березовая, Язва, Яйва, Косьва и верхнее течение р. Колвы); южный горный район (верхнее и среднее течение р. Чусовой с притоками Усьва, Вильва, Вижай, Койва, Серебряная); северный равнинный район (реки Черная, Весляна, Лупья, верхнее течение Камы, Лолог, Коса, Уролка, Пильва, Вишерка, среднее и нижнее течение р. Колвы); центральный равнинный район (верхнее течение р. Камы, бассейны рек Кондас, Иньвы, Обвы.); юго-восточный район (бассейн р. Сылвы и нижнее течение р. Чусовой); юго-западный район (водосборы небольших по площади рек Очер, Тулва, Гайва, Мулянка). В пределах выделенных районов на реках наблюдается соответствие сроков наступления основных фаз водного режима.

Выполнено исследование влияния происходящих климатических изменений на ВГРС рек водосбора Воткинского водохранилища для двух временных периодов наблюдений –1956–1977 гг. и 1978–2021 гг. – до и после момента начала выраженных изменений многолетних колебаний годового стока. За период 1978–2021 гг. на всех реках исследуемой территории выявлено уменьшение доли весеннего стока в среднем по районам на 7,3 %, и увеличение летне-осеннего стока для центрального и южных районов водосбора (от 13,6 до 26,4 %) и зимнего стока до 22,9 %.

Ключевые слова: река, внутригodoвoгo распределение стока, гидрологическое районирование

Для цитирования: Калинин В.Г., Механошина Е.В. Пространственные закономерности внутригodoвoгo распределения стока рек водосбора Воткинского водохранилища // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 49–58. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58

HYDROLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58

**TERRITORIAL FEATURES OF THE INTRA-ANNUAL DISTRIBUTION OF RIVER FLOW ON
THE VOTKINSK RESERVOIR CATCHMENT****Vitaliy G. Kalinin**¹, Ekaterina V. Mekhanoshina²^{1, 2} Perm State University, Perm, Russia¹ vgkalinin@gmail.com, Scopus Author ID: 7201527612, Researcher ID: ABC-7662-2021, SPIN-код: 9507-2306, Author ID: 70059² katya_mehanoshina@mail.ru, Scopus Author ID: 57211204998, Researcher ID: ABC-7662-2021, SPIN-код: 3650-3213, Author ID: 1078805

Abstract. The article is devoted to the study of spatial regularities of the intra-annual distribution of flow on the rivers of the Votkinsk Reservoir catchment in years differing in water content. An analysis of existing hydrological zoning schemes of the study area showed that they differ significantly from each other, both in the number of the identified taxonomic units and in the location of their boundaries. We revealed a discrepancy in the time of the onset of the water regime phases within the boundaries of taxa in the hydrological zoning scheme given in [15, 1973] due to their strong generalization.



Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

When using the scheme of A.S. Shklyayev [11, 1966], an analysis of the intra-annual distribution of flow is impossible due to the small number (1-5) of centers of gravity of river catchment areas falling into the districts. Therefore, we clarified the boundaries of the hydrological zoning of the study area. As the homogeneity criterion we used groups of hydrographs on rivers with the same dates of the beginning, maximum, and end of the spring flood and summer-autumn rain floods as well as the values of their monthly flow share in the annual flow.

A total of six regions have been identified: the northern mountainous region (the rivers Vishera, Berezovaya, Yazva, Yayva, Kosva, and the Upper Kolva); southern mountainous region (the Upper and Middle Chusovaya River with the tributaries Usva, Vilva, Vizhay, Koiva, Serebryannaya); northern lowland region (the rivers Chernaya, Veslyana, Lupya, the upper parts of the Kama, Lolog, Kosa, Urolka, Pilva, Visherka, the Middle and Lower Kolva); central lowland region (upper parts of the Kama River, basins of the Kondas, Inva, Obva rivers); south-eastern region (the basin of the Sylva River and the Lower Chusovaya River); southwestern region (watersheds of the small rivers Ocher, Tulva, Gaiva, Mulyanka). Within the selected areas, there is noted a correspondence in the time of the onset of the main phases of the water regime on the rivers.

We investigated the influence of ongoing climate changes on the intra-annual distribution of river flow in the Votkinskoe Reservoir catchment area for two observation periods (1956–1977 and 1978–2021), before and after the onset of pronounced changes in long-term fluctuations in annual runoff. For the period 1978–2021, on all rivers of the study area was revealed a decrease by 7.3% in the share of spring flow on average by region, and an increase in summer-autumn flow for the central and southern regions of the catchment area (from 13.6% to 26.4%) and winter flow (up to 22.9%).

Keywords: river, intra-annual flow distribution, hydrological zoning

For citation: Kalinin, V.G., Mekhanoshina, E.V. (2024). Territorial features of the intra-annual distribution of river flow on the Votkinsk Reservoir catchment. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 49–58. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-49-58

Введение

Изучение пространственных закономерностей формирования речного стока и его внутригодового распределения является одним из необходимых условий для решения проблем водообеспечения населения и хозяйства, предотвращения или ослабления экстремальных гидрологических явлений, улучшения экологического состояния малых и средних рек, выполнения гидрологических расчетов при проектировании и строительстве гидротехнических и других объектов. Поэтому выделение районов с однородными условиями формирования речного стока является важной гидрологической задачей.

Районирование как универсальный метод изучения территориальных особенностей широко используется в гидрологии и имеет большое значение при классификации водных объектов. При районировании территорий основное внимание уделяется системе таксономических единиц, которые должны служить основой для анализа регионов [22]. Среди них чаще всего применяются принципы объективности, территориальной целостности, комплексности, однородности, генетического единства, сочетания зональных и азональных факторов [7; 14]. В гидрологии для этой цели используются: фазы водного режима, источники питания рек, форма гидрографа, ВГРС, среднегодовой расход воды, соотношение элементов водного баланса и т.д. [11].

Первые попытки выделения однородных по водному режиму районов с учетом физико-географических условий на территории нашей страны относятся к концу XIX – началу XX вв. [2; 17; 18]. В середине XX в. появились схемы районирования на основе деления рек по источникам питания, генетического расчленения гидрографа [5; 6; 13; 21], в которых выделены однородные по климатическим условиям и геолого-геоморфологической структуре обширные территории. Однако в этих схемах районирования не были отражены особенности формирования стока на водосборах средних и малых рек.

В изданиях «Ресурсов поверхностных вод» [15], представляющих научное обобщение данных о режиме водных объектов, проведена детализация схем районирования, выполненная на основе следующих критериев:

– коэффициент стока η – отношение величины стока к количеству выпавших на площадь водосбора осадков, обусловивших возникновение этого стока;

– коэффициент естественной зарегулированности φ – показатель неравномерности внутригодового распределения стока, который отражает величину базисного стока в годовом объеме стока, выраженного в долях от единицы. Численно коэффициент φ равен отношению площади гидрографа, расположенной ниже ординаты среднегодового расхода (базисный сток), к общей площади этого гидрографа (годовой сток). Базисная часть стока отражает естественную зарегулированность водосбора и его аккумулирующую способность [20].

В соответствии с особенностями водного режима рек по значениям коэффициентов η и φ на территории водосбора Воткинского водохранилища (рис. 1а) выделено 5 районов [15]:

I-й район – бассейны левых притоков р. Камы, стекающих со склонов Северного Урала: Вишеры, Колвы, Низьвы, Яйвы и др. Режим этих рек характеризуется относительно выровненным распределением стока внутри года. Коэффициенты естественной зарегулированности стока составляют 0,55–0,6,

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

Рассматриваемая территория по схеме гидрологического районирования относится к двум странам: Уральской горной (П_{ЕС}), занимающей восточные горные районы (одна провинция, один округ – Западно-Уральский и три района), и Западной Атлантической (П_А), охватывающей остальную территорию (две зоны (П_{АС}, П_{АП}), пятнадцать районов и семь округов: (Верхне-Камский, Колвинский, Камско-Вишерский, Нижне-Чусовской, Иньвинско-Обвинский, Средне-Камский, Нижне-Сылвинский) (рис. 1б).

Из рис. 1 видно, что эти схемы значительно отличаются друг от друга как по количеству выделенных таксономических единиц, так и по местоположению их границ. Поэтому возникает вопрос: могут ли рассмотренные схемы районирования быть использованы для характеристики ВГРС?

Цель настоящего исследования – выявление пространственных закономерностей ВГРС на реках водосбора Воткинского водохранилища.

Исследуемая территория

Водосбор Воткинского водохранилища охватывает бассейн Верхней и Средней Камы и расположен на северо-востоке Европейской части России. Правобережная часть водосбора находится на Русской равнине, левобережная – в предгорьях и на западном склоне Уральских гор. Среди характерных черт водосбора Воткинского водохранилища можно выделить следующие: наличие хорошо выраженной широтной зональности на равнине и высотной поясности в горах Урала; распространение легко-растворимых пород (гипсы, ангидриды, известняки) на водосборах рек Колвы, Вишеры, Пильвы, Яйвы, Косьвы, Усьвы, Чусовой, Сылвы и Ирени, которое оказывает влияние на равномерность распределения стока внутри года и увеличение его естественной зарегулированности [8; 10; 15].

Преобладание западного переноса воздушных масс обуславливает характерное для исследуемой территории распределение осадков. Наибольшее количество осадков выпадает на хребтах и северо-западных склонах Уральских гор (1000–1200 мм). На Среднем Урале в северной возвышенной части годовые суммы осадков составляют 800–900 мм, в южной пониженной части – 600–700 мм, на равнинной территории Предуралья количество осадков убывает с севера на юг от 500 до 200 мм [15].

По водному режиму реки водосбора Воткинского водохранилища относятся к восточно-европейскому типу с четко выраженным весенним половодьем, дождевыми паводками в летне-осенний период и длительной устойчивой зимней меженью. Преимущественное питание – снеговое [13]. Большая часть годового объема стока приходится на теплую часть года. По схеме В.Г. Андреенова [1] бассейн р. Камы относится ко второй зоне со следующими границами сезонов: весна IV–VI, лето-осень VII–XI, зима XII–III. Однако, как показывают исследования ученых Пермского университета, особенности географического положения рассматриваемой территории и наличие вертикальной поясности в распределении основных климатических факторов в горной части водосбора вносят изменения в указанные границы сезонов, поэтому они приняты следующими: весна IV–VI, лето-осень VII–X, зима XI–III [11; 15].

Материалы и методы

Исходными данными для выделения районов с однородными условиями формирования речного стока послужили значения ежедневных, среднемесячных и среднегодовых расходов воды по 49 гидрологическим постам (г/п). По каждому г/п ряды со значениями среднегодовых расходов воды ранжировались в порядке убывания и делились на 3 группы характерной водности согласно СП 529.1325800 [16] многоводные ($P < 33,3 \%$), средние по водности ($33,3 \% \leq P \leq 66,7 \%$) и маловодные ($P > 66,7 \%$) годы.

В каждой группе характерной водности были выбраны несколько лет с таким расчетом, чтобы с одной стороны данные имелись для большинства гидрологических постов, а с другой – эти годы представляли как стационарный период, так и период современных климатических изменений (табл. 1).

Таблица 1

Годы разной водности

Years with different water content

Группы водности	Годы	Обеспеченность
Многоводные	1965, 1966, 1971, 1978, 1979, 1984, 1990, 1993, 2002, 2008, 2017, 2019	для 15 г/п – $P \leq 5 \%$, а для 34 г/п – $10 \% \leq P < 33,3 \%$
Средние	1968, 1972, 1973, 1981, 1983, 2000, 2003, 2004, 2006, 2009	для 49 г/п – $33,3 \% \leq P \leq 66,7 \%$
Маловодные	1970, 1973, 1975, 1976, 1977, 1982, 1988, 2010, 2011, 2012	для 32 г/п – $P \geq 95 \%$, а для 17 г/п – $67,5 \% \leq P \leq 95 \%$

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

Анализ ВГРС выполнен по графикам ежедневных и среднемесечных расходов воды. Для каждого г/п были определены: даты начала, пика и окончания весеннего половодья; его продолжительность; средние значения расхода воды, объема и слоя стока за период весеннего половодья. Также были рассчитаны доли месячного стока в годовом и построены гидрографы за все исследуемые годы.

Результаты и их обсуждение

Для анализа ВГРС рек водосбора Воткинского водохранилища гидрографы, построенные для каждого г/п, были сгруппированы в соответствии с гидрологическим районированием, приведенным в Ресурсах... [15], а также по округам районирования А.С. Шкляева [11].

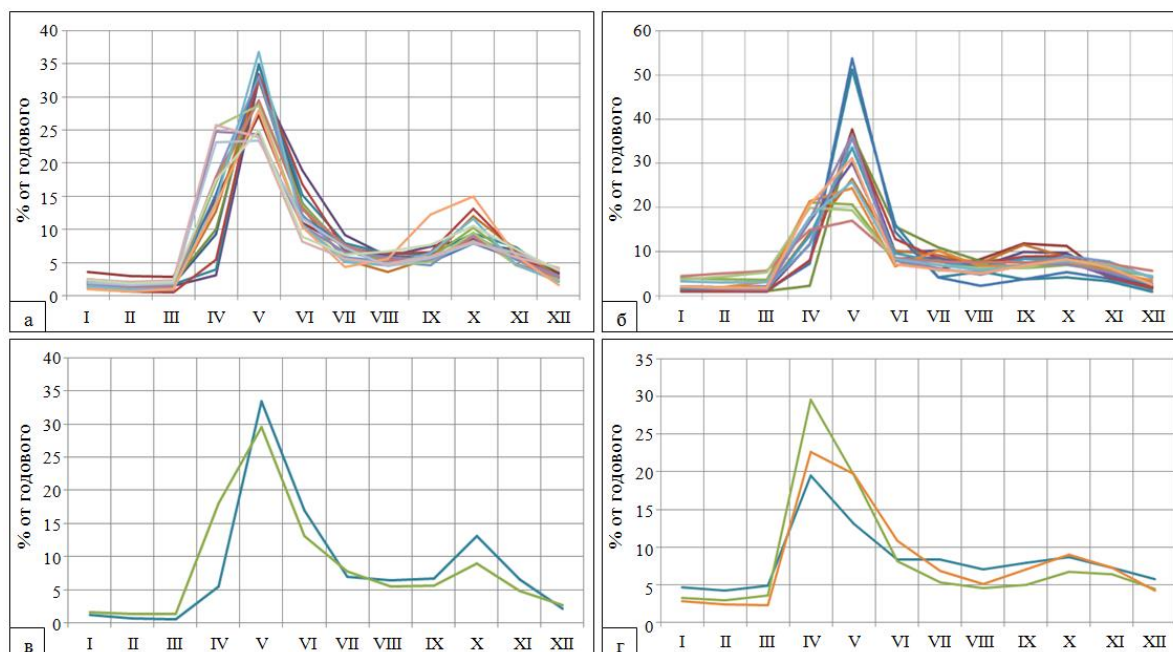


Рис. 2. Внутригодовое распределение стока рек в % от годового, сгруппированных по разным схемам районирования:

а – II район; б – IV район по схеме Ресурсы..., 1973 [15]; в – 2-й округ, г – 6-й округ по схеме А.С. Шкляева [11]

Fig. 2. Intra-annual distribution of river flow as percentage of the annual flow, grouped for different zoning schemes: а - region II, б - region IV according to the scheme from [15, 1973]; в - district 2, г - district 6 according to the scheme of A.S. Shklyayev [11]

В первом случае обнаружено несоответствие сроков начала, максимума, окончания весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков на разных реках (рис. 2а, б). Причиной, на наш взгляд, является сильная генерализация районов, связанная с применением карт мелкого масштаба.

При использовании схемы районирования А.С. Шкляева [11] в округа попадает очень мало (1–5) центров тяжести водосборов рек, на которых организованы наблюдения за стоком (рис. 2в, г), что затрудняет проведение анализа ВГРС.

Поэтому гидрографы были объединены в группы в соответствии со сроками начала, максимума, окончания весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков, а также значений доли их месячного стока в годовом, что явилось критерием районирования территории водосбора Воткинского водохранилища по однородности внутригодового распределения стока (рис. 3). По сравнению с районированием, приведенным в Ресурсах... [15] (рис. 1а), количество районов увеличилось и изменились их границы. Границы районов в горной части (рис. 3) практически совпадают со схемой А.С. Шкляева [11], но в то же время проведено укрупнение районов и уточнение их границ в равнинной части исследуемой территории (рис. 1б).

Всего выделено шесть районов (рис. 3, табл. 2). Для рек *северного горного района (1)* (реки Вишера, Березовая, Язьва, Яйва, Косьва и верхнее течение р. Колвы) характерно интенсивное увеличение стока весеннего половодья в третьей декаде апреля. Суммарный объем стока за весенний период составляет 52–68 % от годового. Средняя продолжительность весеннего половодья на реках изменяется от 53 до 65 сут. Сроки окончания весеннего половодья в среднем приходятся на третью декаду июня – первую декаду июля. Доля осенних (сентябрь–октябрь) дождевых паводков для рек

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

северной горной территории составляет 9–19 % годового стока, доля стока летней межени – 8–15 %, зимней – 11–21 %.

Южный горный район (2) включает верхнее и среднее течения р. Чусовой с притоками Усьва, Вильва, Вижай, Койва, Серебряная и характеризуется увеличением стока со второй декады апреля. Суммарный объём стока за весенний период составляет 50–79 % от годового. Продолжительность весеннего половодья – 41–56 сут. Весеннее половодье заканчивается в среднем в первой декаде июня. На долю осенних паводков, наблюдаемых в сентябре–октябре, приходится 8–23 %, доля стока летней межени – 6–19 %, зимней – 7–22 %.

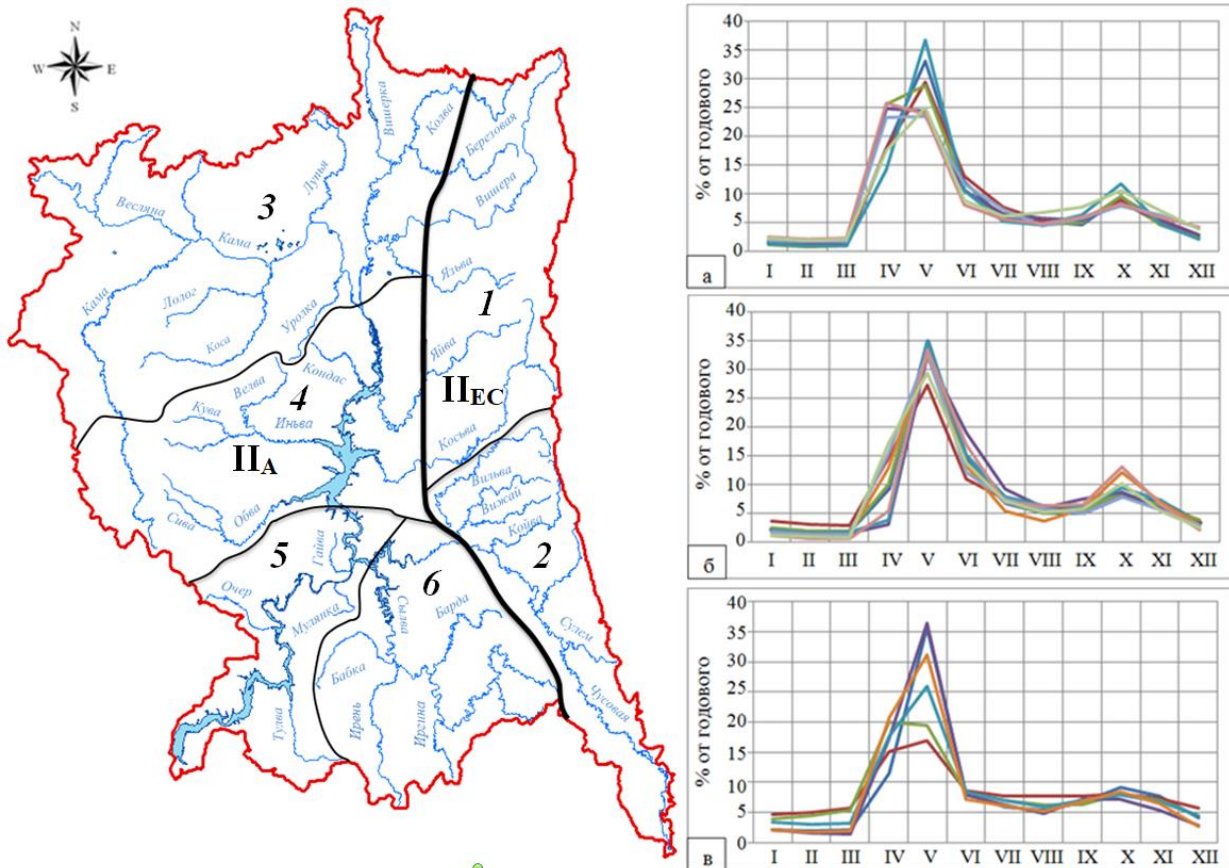


Рис. 3. Схема гидрологического районирования на основе ВГРС: а – ВГРС северного равнинного района; б – ВГРС центрального равнинного района; в – ВГРС юго-западного района

Fig. 3. Scheme of hydrological zoning based on intra-annual distribution of flow: а – intra-annual distribution of flow in the northern lowland region; б – intra-annual distribution of flow in the central lowland region; в – intra-annual distribution of flow in the southwestern region

Для рек **северного равнинного района (3)** (реки Черная, Весляна, Лупья, верхнее течение рек Кама, Лолог, Коса, Уролка, Пильва, Вишерка, среднее и нижнее течение р. Колвы) характерно интенсивное увеличение стока весеннего половодья во второй декаде апреля. Суммарный объём стока за весенний период – 52–77 % от годового. Средняя продолжительность весеннего половодья на реках изменяется от 51 до 64 сут. Сроки окончания весеннего половодья в среднем приходятся на вторую декаду июня. Доля осенних (сентябрь–октябрь) дождевых паводков – 7–20 %, доля стока летней межени – 5–16 %, зимней – 9–22 %.

Центральный равнинный район (4) включает верхнее течение р. Камы, бассейны рек Кондас, Иньвы, Обвы, для которых характерно увеличение стока с середины апреля. Эти реки отличаются повышенным стоком в апреле (до 26 % годового стока), что связано с предполоводной сработкой прудов на реках Иньве и Обве. Суммарный объём стока за весенний период – 51–82 % от годового, а продолжительность весеннего половодья – 35–45 сут. Сроки окончания весеннего половодья в среднем выпадают на первую декаду июня. На долю осенних дождевых паводков достается около 3–27 %, однако в некоторые годы эти значения могут быть выше или составлять такую же долю, как и в период весеннего половодья, доля стока летней межени – 2–13 %, зимней – 7–17 %.

Гидрология
Калинин В.Г., Механошина Е.В.

Таблица 2

Доля стока в % от годового для разных фаз водного в разные по водности годы
Share of runoff as % of annual runoff for different phases of the water regime in years differing in water content

№	Район	Группы водности								
		Многоводные			Средние			Маловодные		
		IV–VI	VII–X	XI–III	IV–VI	VII–X	XI–III	IV–VI	VII–X	XI–III
1	Северный горный	52–60	28–32	11–16	54–68	18–28	12–18	54–65	22–30	13–21
2	Южный горный	50–75	15–37	7–22	63–79	11–26	8–14	52–71	14–26	10–22
3	Северный равнинный	53–61	25–33	11–19	53–77	14–28	9–21	52–75	15–26	9–22
4	Центральный равнинный	51–65	25–37	10–17	68–82	9–17	9–16	69–87	5–16	8–15
5	Южный восточный	41–62	25–31	13–28	40–68	18–32	14–29	40–71	19–29	10–30
6	Южный западный	41–58	22–32	19–27	48–59	20–28	17–24	53–66	16–22	17–24

Юго–восточный район (5) включает бассейн р. Сылвы и нижнее течение р. Чусовой, для которых характерно непродолжительное весеннее половодье (вторая декада апреля – третья декада мая) с максимумом, наблюдаемым в мае, на долю которого приходится 40–71 % годового стока; на долю дождевых паводков в осенний период – 9–16 % годового стока, летней межени – 8–16 %, зимней – 10–30 %.

Юго–западный район (6) включает водосборы небольших по площади рек Очер, Тулва, Гайва, Мулянка, которые протекают по сильно урбанизированной территории и испытывают значительное антропогенное влияние на формирование стока. На этих реках увеличение стока наблюдается в феврале–марте (до 10 % годового стока). Суммарный объём стока за весенний период составляет 41–66 % от годового, продолжительность весеннего половодья на реках – 38–48 сут. Окончание весеннего половодья отмечается в третьей декаде мая. На долю дождевых паводков в осенний период приходится 9–19 % годового стока, на долю стока летней межени – 7–16 %, зимней – 17–27 %.

В пределах выделенных районов на реках наблюдается соответствие сроков наступления основных фаз водного режима, а следовательно, однородность внутригодового распределения стока.

Анализ доли стока разных фаз водного режима в % от годового для лет разной водности (табл. 2) показал, что в средние по водности годы доля стока весеннего половодья по сравнению с многоводными значительно увеличивается на реках 2, 3, 4 районов (на 7–30 %), достигая максимальных значений на малых реках Сива, Койва, Вильва, Сулем. В маловодные годы объем весеннего половодья изменяется незначительно (до 6 % в ту или иную сторону по сравнению со средними по водности годами).

Доля стока в летне-осенний период при уменьшении водности года снижается. На реках 2, 3, 4 районов на 9–28 %, на реках 1, 5, 6 районов – на 4–10 %. Доля стока зимнего периода в годы разной водности изменяется незначительно (1–5 %).

Отдельно следует отметить р. Очер (5 район) и реки Ирень, Иргина (6 район). Сток р. Очер зарегулирован каскадом прудов, что приводит к его перераспределению внутри года. Доля стока весеннего половодья снижается в разные по водности годы в среднем до 46 %, а доли летне-осеннего и зимнего стоков увеличивается до 27% и 24% соответственно.

Территории водосборов рек Ирень и Иргина сильно закарстованы с положительным подземным водообменом и значительной относительной водностью. Для этих рек характерно снижение доли стока весеннего половодья в среднем до 45 % и увеличение долей летне-осеннего и зимнего стоков до 29 и 26 % соответственно.

Для планирования использования водных ресурсов, обеспечения надежной эксплуатации гидротехнических сооружений и систем водоснабжения крайне важным является знание ВГРС различной обеспеченности, которое базируется на установленных закономерностях распределения стока рек по сезонам и внутри сезонов. При недостаточности или отсутствии наблюдений на исследуемом водотоке для приведения ряда к многолетнему периоду, удовлетворяющему понятию репрезентативности, при-

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

меняется метод подбора реки-аналога. Одним из основных требований при выборе реки-аналога является однородность физико-географических условий формирования стока [16], которая учитывается в предложенной нами схеме гидрологического районирования (рис. 3).

Для оценки качества расчетов среднегодового объема воды по реке-аналогу, выбранного с учетом и без учета схемы гидрологического районирования, выполнен сравнительный анализ фактических и расчетных значений на независимом материале. С этой целью выбраны несколько гидрологических постов, данные по которым не использовались при построении схемы гидрологического районирования (табл. 3).

Выполненные расчеты показали, что при использовании схемы районирования в выборе реки-аналога ошибка вычисленного среднегодового объема воды составила от 5,8 до 9,8 % (табл. 3), а без учета схемы районирования – от 25 до 42 %.

Таблица 3

Результаты расчета среднегодового объема воды на независимом материале
Results of calculating the average annual volume of water using independent material

№	Местоположение водосбора	Гидрологический пост	Площадь водосбора	Среднегодовой объем воды м ³ /год		Ошибка, %
				вычисленный	фактический	
1	Северный горный	Яйва – Усть-Игум	5320	2432	2669	9,8
3	Северный равнинный	Лолог – Сергиевский	1600	294,5	266,3	9,6
4	Центральный равнинный	Иньва – Кудымкар	2050	328,9	310,8	5,8
6	Южный западный	Мулянка – Субботино	336	43,7	50,2	6,4

Отдельно следует рассмотреть вопрос о влиянии происходящих климатических изменений на ВГРС рек водосбора Воткинского водохранилища. Характеристика ВГРС дана для двух периодов – 1956–1977 и 1978–2021 гг. (табл. 4) – до и после момента начала выраженных изменений многолетних колебаний годового стока [9]. Анализ ВГРС (табл. 4) показал, что доля весеннего стока снизилась в среднем по районам на 7,3 %. Для летне-осеннего стока в северной горной и равнинной частях водосбора изменения практически отсутствуют, а в центральном и южных районах водосбора выявлено его увеличение – от 13,6 до 26,4 %. Наибольшие изменения зафиксированы для зимнего стока, который увеличился в среднем по территории на 22,9 %.

Таблица 4

Изменение внутригодового распределения стока для разновременных периодов по сезонам
Changes in the intra-annual runoff distribution by season for different periods

№	Район	Распределение годового стока по сезонам (в %) для периодов:						Разница между периодами, %		
		1956–1977 гг.			1978–2021 гг.					
		весна IV–VI	лето–осень VII–X	зима XI–III	весна IV–VI	лето–осень VII–X	зима XI–III	весна IV–VI	лето–осень VII–X	зима XI–III
1	Северный горный	58,6	26,8	14,6	58,0	26,3	15,7	–1,02	–1,87	7,53
2	Южный горный	65,9	23,5	10,6	60,5	26,7	12,8	–8,19	13,6	20,8
3	Северный равнинный	66,2	21,6	12,2	64,2	21,5	14,3	–3,00	–0,46	17,2
4	Центральный равнинный	74,6	16,3	9,10	66,4	20,6	13,0	–11,0	26,4	42,9
5	Южный восточный	67,3	19,6	13,1	61,5	23,2	15,3	–8,62	18,4	16,8
6	Южный западный	62,8	19,5	17,7	54,3	24,4	21,3	–13,5	25,1	20,3

Для центрального равнинного района перераспределение стока по сезонам внутри года оказалось наиболее выраженным – весенний сток снизился на 11,0 %, а летне-осенний и зимний сток увеличился на 26,4 и 42,9 % соответственно. Одной из причин явилось увеличение количества осадков в летне-осенний период и значительное повышение средней температуры воздуха в зимний сезон [4], что способствовало таянию снега и формированию поверхностного стока за период 1978–2021 гг.

Выводы

1. Для территории водосбора Воткинского водохранилища существуют две схемы гидрологического районирования, которые значительно отличаются друг от друга как по количеству выделенных таксономических единиц, так и по местоположению их границ. Группировка гидрографов по таксонам, приведенным в Ресурсах... (1973), показала несоответствие сроков начала, максимума, окончания весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков на разных реках вследствие сильной генерализации районов. При использовании схемы районирования А.С. Шкляева (1966) в округа попадает очень мало (1–5) центров тяжести водосборов рек, на которых организованы наблюдения за стоком, что затрудняет проведение анализа ВГРС.

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

2. Объединение гидрографов в группы по соответствию сроков начала, максимума, окончания весеннего половодья и летне-осенних дождевых паводков, а также значений доли их месячного стока в годовом явилось критерием районирования территории водосбора Воткинского водохранилища по однородности внутригодового распределения стока. В результате получена новая схема гидрологического районирования исследуемой территории.

3. Оценка качества расчетов среднегодового объема воды на независимом материале по реке-аналогу, выбранному с учетом схемы гидрологического районирования, показала, что ошибка вычислений искомой характеристики не превышает 9,8 %.

4. Для центрального равнинного и южных районов территории водосбора Воткинского водохранилища характерно перераспределение стока по сезонам внутри года за период 1978–2021 гг. по сравнению с периодом 1956–1977 гг. В этих районах весенний сток снизился в среднем на 10,3 %, а летне-осенний и зимний стоки увеличились на 20,9 и 25,2 % соответственно.

Библиографический список

1. Андриянов В.Г. Внутригодовое распределение речного стока. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 327 с.
2. Воейков А.И. Избранные сочинения. М.; Л., 1948. Т. 1. 751 с.
3. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование СССР. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 118–155.
4. Гельфан А. Н., Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Григорьев В.Ю., Мотовилов Ю.Г., Гусев Е.М. Влияние изменения климата на годовой и максимальный сток рек России: оценка и прогноз // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2021. Т. 7, №. 1. С. 36–79.
5. Давыдов Л.К. Классификация рек Средней Азии по типу их питания. Зап. ГГИ. Л., 1933. Т. 10. С. 143–151.
6. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году по территории СССР. Тр. НИУ ГУГМС. Л.; М., 1946. Сер. IV. Вып. 24. С. 67–95.
7. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высш. шк., 1991. 366 с.
8. Калинин В.Г. Водный режим камских водохранилищ и рек их водосбора в зимний сезон: монография. Пермь, 2014. 184 с.
9. Калинин В.Г., Чичагов В.В., Гырдымов Д.А. Многолетние колебания годового стока рек водосбора Верхней и Средней Камы // *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле*. 2023. Т. 33, Вып. 4. С. 456–466.
10. Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2002. 163 с.
11. Краткий справочник для гидрологических расчетов на реках Западного Урала (Водосбор Воткинского водохранилища). Перм. гос. ун-т им. А.М. Горького. Лаборатория воздухоз. проблем. Пермь, 1966. 160 с.
12. Кузин П.С. Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1960. 456 с.
13. Львович М.И. Элементы режима рек земного шара. М.: Гидрометеиздат, 1945. 126 с.
14. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. М.: МГУ, 1979. 160 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Средний Урал и Приуралье. Кама. Л.: Гидрометеиздат, 1973. Т. 11, Вып. 1. 420 с.
16. СП «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» от 11.09.2023 № 529.1325800 // Приказ Минстроя России. 11.09.2023 г. № 654.
17. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Гидрологическая районизация Северной Евразии. Тр. первого Всерос. гидрол. съезда. Л., 1925. С. 150–151.
18. Семенов-Тянь-Шанский В.П. Опыт гидрологического районирования Азиатской части СССР на основе построения климатических зон // *Изв. ГГИ*. 1933. № 57–58. С. 71–80
19. Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1952. 535 с.
20. Соколовский Д.Л. Гидрологические и воздухохозяйственные расчеты при проектировании малых ГЭС. Л.: Гидрометеиздат, 1946. 361 с.
21. Троицкий В.А. Гидрологическое районирование СССР. М.; Л., 1948. 112 с.
22. Физико-географическое районирование. 2-е. изд. М.: Изд-во МГУ, 1981. 127 с.

References

1. Andreyanov, V.G. (1960), *Vnutrigodovoye raspredeleniye rechnogo stoka* [Intra-annual distribution of river flow] Leningrad: Gidrometizdat Publ
2. Voyeykov, A.I. (1948), *Izbrannyye sochineniya* [Selected writings] Leningrad: Akad. nauk SSSR Publ
3. Gvozdetkiy, N.A. (1968), *Fiziko-geograficheskoye rayonirovaniye SSSR* [Physico-geographical zoning of the USSR] Moskva: MGU Publ
4. Gelfan, A.N., Frolova, N.L., Magritskiy, D.V., Kireyeva, M.B., Grigor'yev, V. YU., Motovilov, YU.G., Gusev, Ye.M. (2021), *Vliyaniye izmeneniya klimata na godovoy i maksimal'nyy stok rek Rossii: otsenka i prognoz* [Climate change impact on annual and maximum runoff of Russian rivers: diagnosis and projections] in *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and applied climatology], vol. 7, no. 1, pp. 36–79
5. Davydov, L.K. (1933), *Klassifikatsiya rek Sredney Azii po tipu ikh pitaniya* [Classification of the rivers of Central Asia according to the type of their food] Leningrad: Gidrometizdat Publ
6. Zajkov, B.D. (1973), *Ocherki gidrologicheskikh issledovaniy v Rossii* [Essays on hydrological research in Russia] Leningrad: Gidrometizdat Publ
7. Isachenko, A.G (1991), *Landshaftovedeniye i fiziko-geograficheskoye rayonirovaniye* [Landscape science and physical-geographical zoning] Moskva: Vysshaya shkola Publ
8. Kalinin, V.G. (2014), *Vodnyy rezhim kamskih vodohranilishchirekih vodosbora v zimniy jsezon: monografiya* [Water regime of Kama reservoirs and rivers of their catchment in the winter season: monograph] Perm: Perm Publ

Гидрология

Калинин В.Г., Механошина Е.В.

9. Kalinin, V.G., Chichagov, V.V., Gyrdymov, D.A. (2023), *Mноголетние колебания годового стока рек водосбора Верхней и Средней Камы* [Annual runoff long-term fluctuations in the rivers of the Kama reservoir catchment] in *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], vol. 33, no. 4, pp. 456–466
10. Komlev, A.M. (2002), *Zakonomernosti formirovaniya i metody raschetov rechnogo stoka* [Regularities of formation and methods of rivers runoff calculations] Perm: Perm Publ
11. *Kratkiy spravochnik dlya gidrologicheskikh raschetov na rekakh Zapadnogo Urala (Vodosbor Votkinskogo vodokhranilishcha)* (1966) [A Brief Reference for Hydrological Calculations on the Rivers of the Western Urals (Watershed of the Votkinsk Reservoir)] Leningrad: Gidrometizdat Publ.
12. Kuzin, P.S. (1960), *Klassifikatsiya rek i gidrologicheskoye rayonirovaniye SSSR* [Classification of rivers and hydrological zoning of the USSR] Leningrad: Gidrometizdat Publ.
13. L'vovich, M.I. (1945), *Elementy rezhima rek zemnogo shara* [Elements of the regime of the rivers of the globe] Moskva: Gidrometizdat Publ.
14. Nikolayev, V.A. (1979), *Problemy regional'nogo landshaftovedeniya* [Problems of regional landscape science] Moskva: MGU Publ.
15. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Srednij Ural i Priural'e. Kama* (1973), [Resources of the surface waters of the USSR. Middle Ural and the Urals. Kama], Leningrad: Gidrometizdat Publ.
16. *SP «Opredelenie osnovnykh raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik» ot 11.09.2023 № 529.1325800, Prikaz Ministroya Rossii* [Joint venture "Determination of basic calculated hydrological characteristics" dated 09/11/2023 No. 529.1325800 / The order of the Ministry of Construction of Russia. 09/11/2023, No. 654] Moskva: Moskva Publ.
17. Semenov–Tyan–Shanskiy, V.P. (1925), *Gidrologicheskaya rayonizatsiya Severnoy Yevrazii* [Hydrological regionalization of Northern Eurasia] *Trudy Pervogo Vserossiyskogo gidrologicheskogo syezda v Leningrade 7–14 maya 1924 g.*, no.1, pp. 150–151.
18. Semenov–Tyan–Shanskiy, V.P. (1933), *Opyt gidrologicheskogo rayonirovaniya Aziatskoy chasti SSSR na osnove postroyeniya klimaticheskikh zon* [Experience in hydrological zoning of the Asian part of the USSR based on the construction of climatic zones]
19. Sokolov, A.A. (1952), *Gidrografiya SSSR* [Hydrography of the USSR] Leningrad: Gidrometizdat Publ
20. Sokolovskiy, D.L. (1948), *Gidrologicheskiye i vodokhozyaystvennyye raschety pri proyektirovanii malykh GES* [Hydrological and water management calculations in the design of small hydroelectric power plants] Leningrad: Gidrometizdat Publ
21. Troitskiy, V.A. (1948) *Gidrologicheskoye rayonirovaniye SSSR* [Hydrological zoning of the USSR] Leningrad: Gidrometizdat Publ
22. *Fiziko–geograficheskoye rayonirovaniye* (1981) [Physiographic zoning] Moskva: MGU Publ

Статья поступила в редакцию: 13.10.2023, одобрена после рецензирования: 02.11.2023, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 13 October 2023; approved after review: 2 November 2023; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Виталий Германович Калинин

доктор географических наук, заведующий кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15
e-mail: vgkalinin@gmail.com

Екатерина Владимировна Механошина

ассистент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Vitaliy G. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Head of the Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068
e-mail: vgkalinin@gmail.com

Ekaterina V. Mekhanoshina

Assistant of the Department of Hydrology and Water Resources Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia
e-mail: kattya_mehanoshina@mail.ru

Вклад авторов

Калинин В.Г. – идея статьи, научное редактирование текста, написание отдельных частей статьи. Механошина Е.В. – выполнение расчетов, обработка материала, написание отдельных частей статьи, подготовка иллюстраций.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Kalinin V.G. – the idea of the article; scientific editing; writing individual parts of the article. Mekhanoshina E.V. – calculations; processing of the scientific material; writing individual parts of the article; preparation of illustrations.

Conflict of interest. The authors declare that the conflict of interest is absent.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Научная статья

УДК 504.453

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-59-69

СКРЫТЫЕ ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ГОДОВОГО СТОКА РЕК: ВОЗМОЖНОСТЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ

Раиса Николаевна Шпакова

Московский государственный институт международных отношений (МГИМО), г. Москва, Россия

Researcher ID: B-1631-2018, SPIN-код: 1931-4127, AuthorID: 483596

Аннотация. В статье показаны возможность и необходимость выявления скрытых гармонических колебаний многолетнего стока на примере двух рек Восточной Сибири.

Выявление гармонической компоненты в рядах годового стока рек необходимо по ряду причин:

– для определения потенциальной статистической прогнозируемости ряда;

– для корректной оценки основной тенденции многолетней динамики стока;

– для снижения пределов неопределенности в ходе оценки предстоящих в будущем изменений годового стока при отсутствии методик долгосрочного прогноза.

Наконец, накопление и обобщение данных о закономерностях многолетних колебаний стока по всей поверхности Земли, возможно, является одним из путей выявления глобальных закономерностей и развития гидрометеорологических явлений в целом.

В рассматриваемом случае наличие гармонической составляющей выявлялось графоаналитическим способом, включающим визуальный анализ графиков многолетних колебаний с последующим подбором аналитического выражения функции. Затем производилось сравнение качества аппроксимации гармонической и линейной функциями, а также нормой, показавшей преимущество первой.

Наряду с графоаналитическим методом к расчетным рядам применены процедуры расчета автокорреляционной функции и спектрального анализа. В обоих рассмотренных в статье случаях эти расчеты подтвердили наличие гармонической составляющей с близкими значениями периодичности.

Сделан вывод о том, что примененные методы, несмотря на наличие характерных для каждого метода ограничений и недостатков, взятые в совокупности, позволяют выявлять ряды годового стока, имеющие выраженную гармоническую составляющую.

Ключевые слова: речной сток, многолетние колебания стока, изменчивость годового стока, цикличность, гармоническая составляющая, Марха, Мая, Якутия

Для цитирования: Шпакова Р.Н. Скрытые гармонические колебания годового стока рек: возможность и целесообразность выявления и оценки // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 59–69. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-59-69

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-59-69

HIDDEN HARMONIC FLUCTUATIONS OF ANNUAL RIVER FLOW: THE POSSIBILITY AND EXPEDIENCY OF IDENTIFICATION AND ASSESSMENT

Raisa N. Shpakova

Moscow State Institute of International Relations (MGIMO University), Moscow, Russia

Researcher ID: B-1631-2018, SPIN-код: 1931-4127, Author ID: 483596

Abstract. The article shows the possibility and necessity of revealing hidden harmonic fluctuations of long-term runoff through the example of two rivers in Eastern Siberia.

Identification of the harmonic component in the series of annual river flow is necessary for a number of reasons:

– to determine the potential statistical predictability of the series;

– for a correct assessment of the main trend of the long-term flow dynamics;

– to reduce the limits of uncertainty during the assessment of future changes in annual runoff in the absence of long-term forecasting techniques.

Finally, the accumulation and generalization of data on the patterns of long-term fluctuations in runoff over the entire surface of the Earth is, probably, one of the ways to identify global patterns and the development of hydrometeorological phenomena in general.

In the case under consideration, the presence of a harmonic component was revealed grapho-analytically, including by means of visual analysis of graphs of long-term fluctuations, followed by selection of an analytical expression of the function. Then the quality of approximation by harmonic and linear functions, as well as by the norm, was compared, which showed the advantage of the former.



Гидрология
Шпакова Р.Н.

Along with the grapho-analytic method, the calculation procedures of the autocorrelation function and spectral analysis were applied to the calculation series. In both cases considered in the article, these calculations confirmed the presence of a harmonic component with similar periodicity values.

It is concluded that the applied methods, despite the limitations and disadvantages characteristic of each method, taken together, make it possible to identify annual runoff series with a pronounced harmonic component.

Keywords: river flow, long-term fluctuations, variability, cyclicity, harmonic component, Markha, Maya, Yakutia

For citation: Shpakova, R.N. Hidden harmonic fluctuations of annual river flow: the possibility and expediency of identification and assessment. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 59–69. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-59-69

Введение

Исследование цикличности колебаний речного стока, продолжительности и характера смены периодов маловодья и половодья в тех или иных речных бассейнах и особенно их прогнозирование оказывает неопределимую помощь в планировании и рациональном управлении водными ресурсами, повышении эффективности эксплуатации объектов гидроэнергетики, мелиорации и т.п.

Необходимость выделения и оценки периодичностей колебаний стока в целом не вызывает сомнений. В частности, такая необходимость для целей водохозяйственных расчетов подчеркивается, например, в статье [14] и других.

Исследования, посвященные определению циклических периодичностей в колебаниях годового стока, проводились применительно к самым разным водным объектам. Так, 10-летние циклы колебаний годового стока установлены для реки Фэньхэ в Китае [22], 11- и 30-летние периоды колебаний речного стока – для рек Балтийского региона [21], 40-летние циклы колебаний годового стока – для р. Савы бассейна р. Дунай [17] и других рек.

В ряде работ цикличность определялась не только для годового стока, но и для отдельных фаз многолетних колебаний – маловодных и многоводных периодов. В этой связи можно отметить статью, в которой в указанной связи проанализированы многолетние ряды годового стока ряда рек Западной и Восточной Европы [18]. Авторы установили наличие наиболее выраженной периодичности осредненного по рекам Западной Европы годового стока в 12,8 лет и менее выраженных периодичностей в 16,4 и 28,5 года (отмечены и более короткие периодичности, но в контексте настоящей статьи мы обращаем внимание только на достаточно длительные, продолжительностью свыше 20 лет). Кроме того, выявлена периодичность в 28–29 лет для Невы. Примечательно, что в этой работе авторы попытались установить и географические закономерности распространения периодичностей. В частности, отмечен временной сдвиг (примерно в 12 лет) наступления многоводных и маловодных фаз стока на реках Восточной Европы по отношению к рекам Северной и Западной Европы. К сожалению, авторы не охарактеризовали стабильность выявленных характеристик периодичностей при различной длине временных рядов.

Здесь необходимо сделать оговорку о том, что в указанных выше работах цикличность не предполагалась как гармоническая, в отличие от подхода, связанного с попытками представить многолетние временные ряды речного стока в виде суммы нескольких синусоид и использовать полученные таким образом модели для долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозирования стока [3]. Очевидно, что для такого рода подходов также необходимо выявление и выделение периодических составляющих.

Немаловажно отметить, что в ряде научных публикаций, посвященных различным аспектам анализа многолетних колебаний речного стока на приводимых в статьях графиках многолетних колебаний, усматриваются проявления гармонической составляющей. В частности, на р. Или у с. Ямату [13, с.70] и на р. Селенга у рзд. Мостовой [15, с. 20]. Методами, основанными на использовании автокорреляционной функции, выявлены периодичности в пунктах р. Чая – с. Подгорное и р. Омь – г. Куйбышев [10]. Однако в статье не приводятся ни вид автокорреляционной функции, ни график многолетних колебаний стока указанных рек, что не позволяет оценить характер периодичности.

Таким образом, при достаточно большом числе научных публикаций, посвященных оценке периодичности изменений годового стока, авторы редко акцентировали внимание на возможном гармоническом характере многолетних колебаний речного стока с поиском возможностей их выявления. Между тем именно поиск рядов многолетнего стока с выраженной устойчивой гармонической составляющей представляет, по нашему мнению, наибольший интерес, так как именно в таких случаях имеет место не случайная смена многоводных и маловодных периодов различного масштаба и продолжительности, а процесс, подчиненный строгой математической закономерности.

В настоящей статье сделана попытка применения трех наиболее распространенных методов выявления гармонической составляющей к двум рядам годового стока с сопоставлением результатов.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы многолетние данные о среднегодовом стоке воды для 2 пунктов государственной системы наблюдений за режимом рек (Росгидромет), расположенных в Западной и Восточной Якутии, сведения о которых помещены в табл. 1. Выбранные пункты наблюдений имеют водосборы различной величины, но не могут быть при этом отнесены ни к малым водосборам, ни к особо крупным. Период наблюдений на постах составляет 74 года и 87 лет и заканчивается 2019 г.

Таблица 1

Сведения о пунктах наблюдений за стоком
Information about the points of observation of the flow

Река - пункт наблюдений	Площадь водосбора (км ²)	Период наблюдений	Норма годового стока, м ³ /сек	Широта (E)	Долгота (N)
р. Марха – с. Малькай	89 600	1946–2019	417	63° 30'	117° 02'
р. Мая – с. Чабда	165 000	1935–2019	1215	59° 47'	123° 49'

Составлено автором по данным Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМО)

Compiled by the author according to the data from the Automated information system for state monitoring of water bodies of the Russian Federation

Сведения о годовом стоке представлялись в нормированном по отношению к среднему многолетнему значению виде (то есть в виде модульных коэффициентов годового стока) для сравнимости данных.

Для выявления наличия гармонической составляющей в многолетних колебаниях годового стока использовались графоаналитический метод, спектральный анализ и автокорреляционная функция.

Графоаналитический метод заключался в построении графика многолетних колебаний стока с визуальной оценкой периодичности размещения на временной шкале локальных максимумов и минимумов, подборе аппроксимирующей гармонической функции с оценкой качества аппроксимации и сравнении ее с аппроксимацией линейным трендом и нормой. Подбор функции осуществлялся с учетом того, что, сдвинутая вверх и вниз по оси ординат, эта функция должна быть по возможности приближена, соответственно, к локальным максимумам и локальным минимумам (пунктирные линии на графиках многолетних колебаний стока).

Качество аппроксимации оценивалось с помощью коэффициента корреляции между фактическими и рассчитанными значениями. Коэффициент корреляции определялся по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma(x) \cdot \sigma(y)}, \quad (1)$$

где x – фактические значения ряда годового стока; y – значения аппроксимирующей функции ряда годового стока; $\sigma(x)$ – среднее квадратическое отклонение переменной x ; $\sigma(y)$ – среднее квадратическое отклонение переменной y .

Расчет коэффициентов корреляции по формуле (1), осуществляемый в программной среде EXCEL, использовался как при оценке качества аппроксимации, так и при построении автокорреляционных функций рядов годового стока. Оценка значимости коэффициента корреляции определялась с помощью t -критерия Стьюдента:

$$t_{\text{набл}} = \sqrt{\frac{r^2(n-2)}{1-r^2}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{набл}}$ – рассчитанное значение t -критерия; r – рассчитанное значение коэффициента корреляции.

Нулевая гипотеза о незначимости коэффициента корреляции отвергалась в случае, если рассчитанное значение t -критерия превышало табличное при уровне значимости $p = 0,05$.

Спектральный анализ основывался на процедурах быстрого преобразования Фурье и выполнялся с помощью статистического пакета KuPlot. Предположение о наличии длиннопериодической составляющей принималось по максимальной ординате периодограммы в низкочастотной области.

Автокорреляционная функция определялись последовательным вычислением коэффициентов корреляции между значениями исходного ряда и значениями этого же ряда, сдвинутыми на t моментов времени.

Наличие выраженной гармонической составляющей констатировалось, если все три метода указывали на ее наличие с близкими по величине значениями периодов.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Результаты исследования

Визуальный анализ графика многолетних колебаний годового стока крайне целесообразен для цели выявления скрытых гармонических колебаний. На рис. 1 представлен график многолетних колебаний стока реки Марха у села Малыкай. На возможное наличие указывают ритмически повторяющиеся локальные экстремумы. В нашем примере это локальные максимумы 1960, 1996 гг. и локальные минимумы 1971, 2013 гг. Период выявленных колебаний составляет 36 лет при максимальной амплитуде от +0,75 до -0,63 долей нормы многолетнего годового стока.

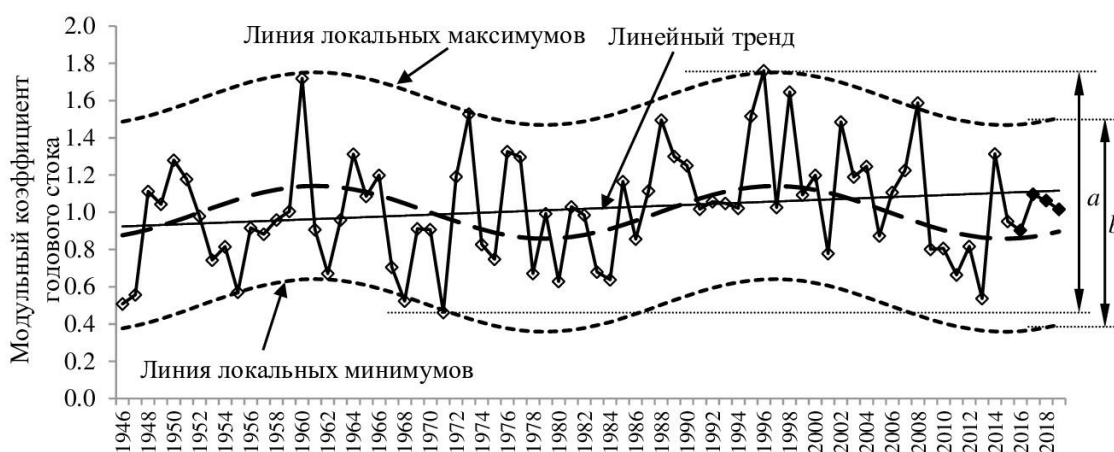


Рис. 1. График многолетних колебаний стока р. Марха – с. Малыкай
Fig. 1. Graph of long-term fluctuations in the flow of the Markha river, Malykai village

Гармоническая аппроксимация многолетних колебаний стока выражается следующей функцией:

$$y = \frac{\sin\left(\frac{t}{5,7}+1,9\right) + \cos\left(\frac{t}{5,7}+1,9\right)}{10} + 1,5, \quad (3)$$

где t – год; y – расчетное значение годового стока.

Уравнение получено по ряду наблюдений с 1946 по 2015 гг. (точки на графике, соответствующие этому периоду, выделены светлым курсором). Точки, соответствующие данным за 2016–2019 гг., представляют собой независимые по отношению к полученной аппроксимирующей кривой результаты наблюдений и выделены темным курсором.

Линейный тренд анализируемого временного ряда описывается функцией следующего вида:

$$y = 0,002x + 0,921, \quad (4)$$

где x – порядковый номер члена ряда; y – расчетное значение годового стока.

Линейный тренд является статистически значимым: эмпирическое значение критерия Манна-Уитни [9; 11] при $n=37$ равно 498,5 при критическом значении, равном 531 ($p \leq 0,05$).

В табл. 2 приведены значения показателей, характеризующих качество аппроксимации ряда годового стока р. Марха – с. Малыкай различными моделями. Норма уподоблялась возможному многолетнему тренду¹.

¹ Согласно исследованиям, проведенным на реках Западной и Центральной Европы, каких-либо однонаправленных (повышение или понижение) долгосрочных тенденций при длительности наблюдений за стоком не менее 130 лет не обнаруживается [19]. Иными словами, характер многолетних изменений стока сводится к колебаниям вокруг среднего многолетнего значения, которое может быть в таком случае принято за основную многолетнюю тенденцию. Можно предположить, что такого рода характер многолетних колебаний стока возможен и на реках Северо-Восточной Азии, поэтому он взят для рассмотрения в качестве альтернативы.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Таблица 2

Показатели качества аппроксимации ряда годового стока р. Марха – с. Малькай
Quality indicators of approximation of the Markha river (Malykai village) annual runoff series

Вид аппроксимации	Коэффициент корреляции	Оценка значимости коэффициента корреляции $t_{\text{набл}} / t_{\text{табл}}$
Гармоническая	0,27	2,379 / 1,993
Линейный тренд	0,19	1,642 / 1,993
Норма	-0,15	1,287 / 1,993

Как видно из табл. 1, коэффициент корреляции, оценивающий качество аппроксимации гармонической функцией, существенно превышает остальные, и только это значение коэффициента корреляции является значимым. Таким образом, представление основной тенденции рассматриваемого временного ряда в виде гармонической кривой дает лучшие результаты. Здесь следует отметить, что возможна и дальнейшая оптимизация параметров модели (3) с целью максимизации качества аппроксимации, но это улучшение модели, описывающей среднюю тенденцию колебаний многолетнего стока, одновременно приводит к ухудшению описания колебаний локальных максимумов и минимумов по сравнению с исходным (линии локальных максимумов и локальных минимумов на рис. 1), что, на наш взгляд, является существенным недостатком.

В решении поставленной нами задачи существенную помощь может оказать спектральный анализ (рис. 2). При этом необходимо учитывать ограничения по длине ряда, предъявляемые быстрым преобразованием Фурье, лежащем в основе методики спектрального анализа: длина ряда должна быть кратна степени числа 2. В данном случае для расчета использовалась длина ряда, равная 64 (2^6). Конфигурация графика спектра межгодовой изменчивости указывает на наличие в составе исследуемого ряда нескольких короткопериодических гармонических составляющих, но наиболее выраженной является вторая гармоника с периодом в 32 года.

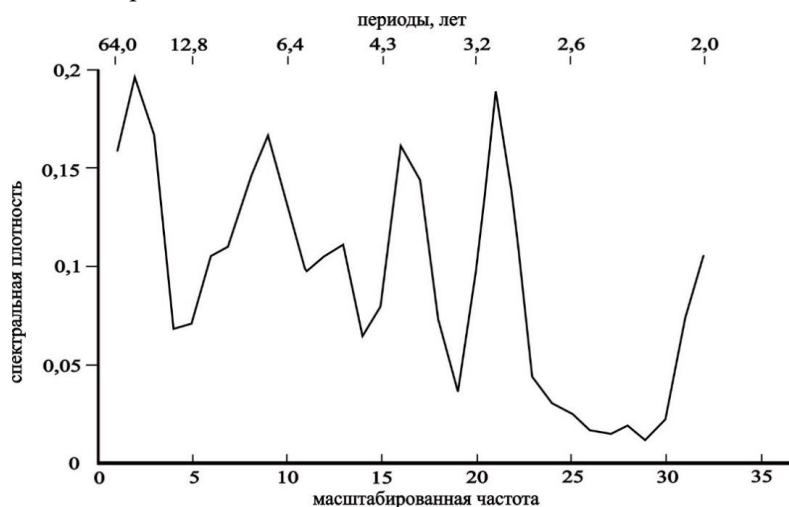


Рис. 2. Спектр межгодовой изменчивости стока р. Марха – с. Малькай
Fig. 2. Spectrum of interannual variability of the runoff of the Markha river, Malykai village

Еще одним инструментом выявления скрытых гармонических колебаний годового стока является автокорреляционная функция, представляющая собой последовательность значений коэффициентов корреляции между исходным рядом и его копией, сдвинутой на заданное число интервалов ряда (временной лаг).

Анализ автокорреляционной функции применительно к временным рядам позволяет выявить структуру ряда. Если наиболее высоким значением обладает коэффициент автокорреляции с лагом 1, а остальные значения монотонно убывают по абсолютной величине, то можно сделать вывод о наличии во временном ряду только линейной тенденции. Если наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции порядка m , то ряд содержит циклические колебания с периодичностью в m моментов времени [1]. В случае, когда в автокорреляционной функции наличествует и наибольшее значение коэффициента автокорреляции 1-го порядка, и еще один локальный максимум при временном лаге m (пусть даже и несколько уступающий основному максимуму), то в ряду присутствует как линейный тренд, так и циклическая составляющая с периодом m [4].

Гидрология
Шпакова Р.Н.

На рис. 3 приведена автокорреляционная функция для анализируемого нами временного ряда годового стока р. Марха у с. Малькай.

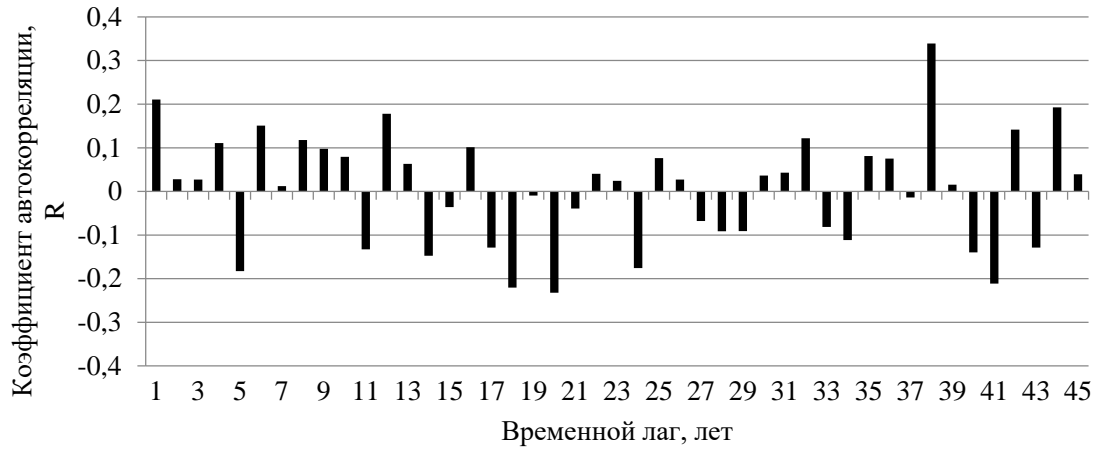


Рис. 3. Автокорреляционная функция ряда многолетнего стока, р. Марха – с. Малькай
Fig. 3. Autocorrelation function of a series of long-term runoff, Markha river, Malykai village

На рис. 3 среди всех значений коэффициентов корреляции на общем фоне выделяется значение коэффициента автокорреляции $R=0,34$ при временном лаге в 38 лет. Данное значение коэффициента автокорреляции проверялось на значимость по t -критерию Стьюдента [16]: при количестве членов ряда $n=36$ и уровне значимости $p = 0,05$ наблюдаемое значение t -критерия $t_{\text{набл}}=2,108$, табличное значение $t_{\text{табл}} = 2,032$. Превышение наблюдаемого значения над табличным свидетельствует о значимости рассчитанного показателя.

Подобный вид автокорреляционной функции, имеющей единственный ярко выраженный максимум, указывает на наличие циклической составляющей, период которой равен временному лагу, при котором наблюдается данный максимум.

Рассмотрим еще один случай.

На рис. 4 представлен график многолетних колебаний р. Май у с. Чабда. Все обозначения на графике аналогичны обозначениям, примененным на рис. 1.

Гармонические кривые, построенные аналогично вышеприведенному случаю, также указывают на наличие 36-летнего периода колебаний.

Сравнение показателей качества аппроксимации временного ряда приведено в табл. 3.

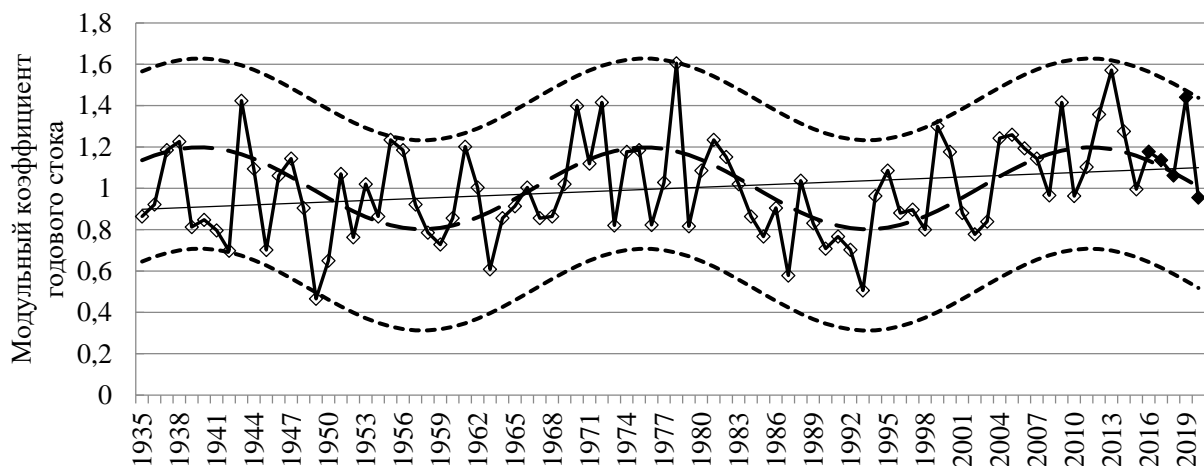


Рис. 4. График многолетних колебаний стока, р. Май – с. Чабда (условные обозначения те же, что и на рис. 1)
Fig. 4. Long-term fluctuations in the runoff of the Maya river, Chabda village (the symbols are the same as in Fig. 1)

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Таблица 3

Показатели качества аппроксимации ряда годового стока р. Марха – с. Малькай
Quality indicators of approximation of the Markha river (Malykai village) annual runoff series

Вид аппроксимации	Коэффициент корреляции	Оценка значимости коэффициента корреляции $t_{набл} / t_{табл}$
Гармоническая	0,40	3,976 / 1,989
Линейный тренд	0,25	2,352 / 1,989
Норма	-0,06	0,548 / 1,989

Составлено автором

Здесь значимыми являются коэффициенты корреляции, оценивающие аппроксимацию гармонической и линейной функциями, но в первом случае коэффициент существенно выше.

Автокорреляционная функция ряда многолетнего стока реки Мая у пункта Чабда выглядит следующим образом (рис. 5). Здесь имеет место указание на наличие периода, равного 35 годам ($R = 0,40$), а также на наличие 20-летнего полупериода ($R = -0,39$). Данные оценки близки к оценкам, полученным графоаналитическим путем. Кроме того, показательным является сам вид автокорреляционной функции, близкий к синусоидальному. Известно, что корреляционная функция циклического процесса, содержащего гармоническую составляющую, также может содержать гармоническую составляющую [2].

Результат спектрального анализа в этом случае также указывает на наличие длиннопериодных составляющих (рис. 6). К сожалению, пик спектральной не так ярко выражен, как в первом случае. Особенность дискретного преобразования Фурье состоит в том, что мы можем наблюдать точное поведение спектра только на дискретных частотах, вычисленных с помощью данного преобразования. При этом некоторые спектральные компоненты могут оказаться между результатами вычислений [Вишератин, Карманов, 2008, С. 8]. Тем не менее и спектральный анализ фиксирует факт присутствия гармонической составляющей, период которой, очевидно, находится в диапазоне 21–64 года, причем максимум спектральной плотности приходится на те же 32 года, что и в первом рассмотренном нами случае.

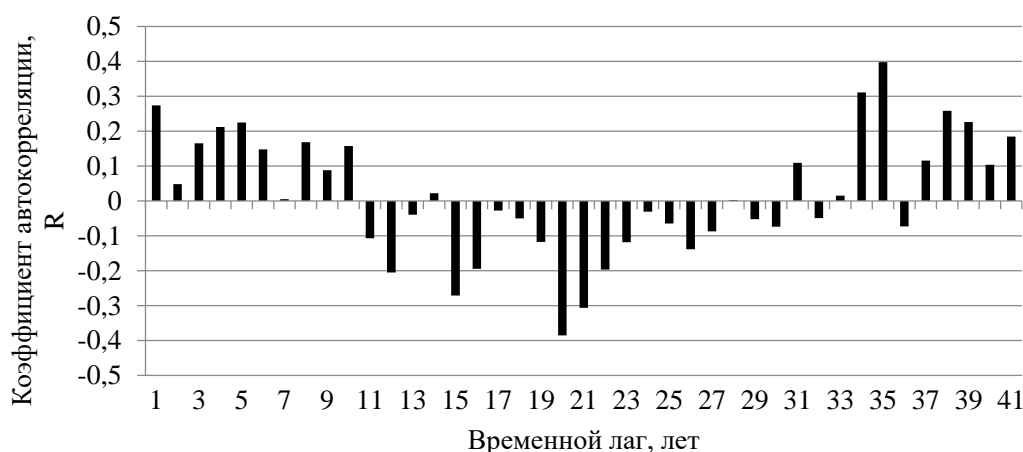


Рис. 5. Автокорреляционная функция ряда многолетнего стока, р. Мая – с. Чабда
Fig. 5. Autocorrelation function of a series of long-term runoff, Maya river, Chabda village

Гидрология
Шпакова Р.Н.

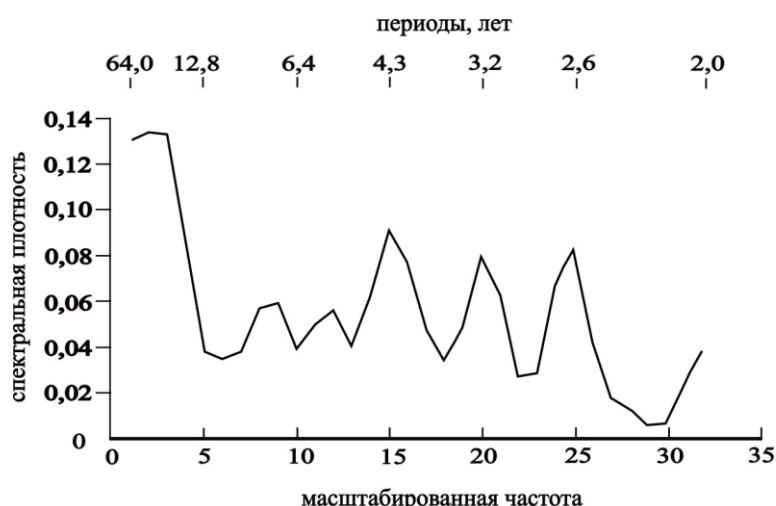


Рис. 6. Спектр межгодовой изменчивости стока р. Марха – с. Малыкай
Fig. 6. Spectrum of interannual variability of the runoff of the Markha river, Malykai

Подводя итог применению различных методов выявления скрытых гармонических колебаний стока, отметим следующее. Каждый из них обладает определенными ограничениями и недостатками. Так, использование коэффициентов корреляции и автокорреляции требует нормального распределения случайных величин, составляющих совокупность, коэффициенты могут быть определены со значительными ошибками; интерпретация автокорреляционной функции в контексте выявления скрытых гармонических колебаний пока недостаточно объективизирована; спектральный анализ с использованием быстрого преобразования Фурье имеет ограничения по длине ряда, не всегда дает детальную информацию по искомым частотам, графоаналитический трудоемок и также несет в себе риск субъективности, но эти методы, примененные в совокупности, на наш взгляд, позволяют определить ряды годового стока с наличием существенной гармонической составляющей. Можно предложить следующий алгоритм: вначале следует выполнить спектральный анализ (как наименее трудоемкий), затем, при наличии признаков присутствия гармоник в низкочастотных областях, осуществить построение автокорреляционной функции и при подтверждении предварительных оценок, полученных при построении периодограммы, приступить к построению графика и определению параметров гармонической модели.

Выявление гармонических составляющих многолетних колебаний необходимо по ряду причин.

Во-первых, оценка временного ряда стока на предмет наличия периодической составляющей необходима в ходе так называемого предпрогнозного анализа при разработке методики статистического прогноза – комплекса процедур, направленных на определение потенциальной статистической прогнозируемости ряда [6].

Во-вторых, она целесообразна для более корректной оценки основной тенденции многолетней динамики стока. Оценка основной тенденции с помощью определения параметров тренда – очень популярная методика, активно применяемая как в научных исследованиях, так и в процессах управления водными ресурсами той или иной территории [8; 12; 15; 20], однако, как правило, линейные тренды оцениваются без учета возможных в ряду гармонических колебаний, что может привести к ошибочным оценкам. Так, в рассматриваемом нами примере многолетнего ряда стока р. Марха у с. Малыкай линейный тренд описывается уравнением (4). Однако выявленная гармоническая составляющая многолетних изменений годового стока требует отнести к наличию растущего линейного тренда как, возможно, относительно временного явления. Сохранение этой составляющей в будущем, означающее, что колебания годового стока будут по-прежнему происходить в пределах, описываемых гармоническими кривыми, вокруг нормы, может привести к росту стационарности временного ряда и постепенному исчезновению линейного тренда. О том, что наличие гармонической составляющей в режиме многолетних колебаний годового стока способствует росту стационарности временного ряда свидетельствует тот факт, что исключение из рассматриваемого ряда гармонической составляющей приводит к существенному росту углового коэффициента линейного тренда. Уравнение линейного тренда трансформированного подобным образом ряда выглядит следующим образом:

$$y = 0,003x - 0,111, \quad (5)$$

где x – порядковый номер члена ряда; y – расчетное значение годового стока.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Таким образом, исключение гармонической составляющей многолетних колебаний увеличивает угловой коэффициент линейного тренда, отражающего интенсивность многолетнего нарастания стока в 1,5 раза.

Здесь уместно отметить, что в работе [19] авторы, обнаружив выраженные периодичности колебаний годового стока в рядах длительностью до 130–140 лет на 18 европейских реках, в то же время отметили отсутствие статистически значимых монотонно возрастающих и монотонно убывающих трендов.

В-третьих, даже при отсутствии методики сверхдолгосрочного прогноза водности, знание основных параметров гармонической составляющей многолетних колебаний стока позволяет снизить неопределенность оценки предполагаемых в будущем величин годового стока. Так, для р. Мархи у с. Малайкай методики прогноза годового стока не существует, и ежегодно величина годового стока может предполагаться в пределах от исторического минимального (0,46 нормы) до исторического максимального (1,76 нормы) значений (параметр a на рис. 1). В то же время, пользуясь расчетными значениями гармоник, неопределенность может быть уменьшена: например, для 2019 г. диапазон ожидаемых значений мог быть определен в пределах от 0,40 нормы до 1,50 нормы (параметр b на рис. 1). Кроме того, используя полученную закономерность, можно выделять периоды с наиболее вероятным наступлением периодов лет с повышенной и пониженной водностью, в пределах которых могут иметь место локальные экстремальные значения годового стока.

Наконец, актуальной научной проблемой является изучение внутривековых ритмов в геофизических процессах и их причин. Колебания годового стока рек обусловлены совокупным влиянием геофизических сил глобального происхождения (в том числе – космического), которые, в свою очередь, в ряде случаев предположительно подвержены ритмическим колебаниям [Бубин, Рассказова, 2013]. Накопление и обобщение сведений о закономерностях колебаний стока (разумеется, в случае их обнаружения) могло бы внести вклад в познание закономерностей и взаимосвязей глобальных процессов.

Заключение

Накопленный в настоящее время объем информации о стоке, даже в труднодоступных регионах с относительно поздним началом постоянных стандартных наблюдений, достигает размеров, примерно двум полным периодам гармонических колебаний, равным 30–40 годам. Это обстоятельство дает возможность осуществить попытки выявления подобного рода колебаний в многолетних рядах годового стока.

Проведенное исследование характера многолетних колебаний стока двух водных объектов, расположенных в Восточной Сибири, показало, что наиболее простым и при этом достаточно эффективным инструментом выявления наличия выраженной гармонической компоненты в режиме многолетних колебаний является автокорреляционная функция. Характерным для рядов с выраженным наличием гармонической компоненты является вид автокорреляционной функции, близкий к синусоидальному, но возможны и варианты, при которых на графике автокорреляционной функции имеется единственное значение коэффициента автокорреляции высокого порядка, существенно (оценочно не менее, чем на 40–50 %) превышающее остальные значения.

Установленные по автокорреляционной функции периодичности составляют: для р. Мархи у Малайкай – 38 лет, для р. Майи у Чабды – 35 лет. Установленная графоаналитическим способом периодичность составляет в обоих случаях 36 лет.

Спектральный анализ подтверждает наличие гармонических составляющих с периодом в 32 года в обоих случаях.

Таким образом, можно констатировать, что в случаях наличия в рядах многолетнего стока гармонической составляющей, она может быть выявлена и оценена с использованием всех трех рассмотренных методов, учитывая ограничения и недостатки каждого из них. Уточнение длительности периода гармонического колебания возможно по мере накопления материалов наблюдений и удлинения ряда.

Выявление гармонической компоненты в рядах годового стока рек необходимо:

1. для определения потенциальной статистической прогнозируемости ряда;
2. для корректной оценки основной тенденции многолетней динамики стока;
3. для снижения пределов неопределенности в ходе оценки предстоящих в будущем величин стока при отсутствии методик долгосрочного прогноза.

Накопление и обобщение данных о водных объектах с выраженными гармоническими колебаниями стока по всей поверхности Земли, возможно, является одним из путей выявления глобальных закономерностей развития гидрометеорологических явлений.

Гидрология
Шпакова Р.Н.

Библиографический список

1. Алексеева В.А. Анализ временных рядов. Ульяновск: УлГТУ, 2020. 147 с.
2. Алехин Ю.М. Статистические прогнозы в геофизике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. 86 с.
3. Бабкин А.В. Скрытые периодичности и долгосрочное прогнозирование стока рек России. LAP Lambert Academic Publishing, 2014. 64 с.
4. Базилевский М.П., Гефан Г.Д. Об учете эффектов автокорреляции во временных рядах // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. 2015. № 14. С. 11–22.
5. Бубин М.Н., Рассказова Н.С. Ритмичность многолетних колебаний стока рек как интегральный показатель изменчивости климата (на примере Урала). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 279 с.
6. Вайновский П.А., Густов Д.В. Статистическое прогнозирование временных рядов. СПб: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2019. 240 с.
7. Вишератин К.Н., Карманов Ф.И. Практические методы оценивания спектральных параметров. Обнинск: Институт атомной энергетики, 2008. 60 с.
8. Джамалов Р.Г., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И. Современные изменения водных ресурсов в бассейне р. Лены // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 2. С. 131–145.
9. Дружинин В.С., Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб: Издательство РГГМУ, 2001. 170 с.
10. Дубровская Л.И., Герасимова В.Р. Анализ многолетних колебаний стока рек Обь-Иртышского междуречья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 6. С. 82–86.
11. Кендэл М. Ранговые корреляции. М.: Статистика, 1975. 216 с.
12. Старков И.А., Рангулов Р.А. О статистическом прогнозировании характеристик речного стока // Географический вестник. 2008. № 2 (8). С. 139–142.
13. Шиварева С.П., Галаева А.В. Анализ изменения стока в бассейне р. Или в пределах Казахстана и Китая в связи с климатическими изменениями // Гидрометеорология и экология. 2014. № 1. С. 68–80.
14. Changes in water discharges of the Baltic states rivers in the 20th century and its relation to climate change / Reihan A., Koltsova T., Kriauciuniene J., Lizuma L., Meilutyte-Lukauskiene D. // Water Policy. 2007. No. 38 (4/5). P. 401–412. doi: 10.2166/wh.2007.020.
15. Han L., Menzel L. Hydrological variability in southern Siberia and the role of permafrost degradation // Journal of Hydrology. 2021. № 604 (9). 127203. doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.127203.
16. Köhne S., Pigeot I. Resampling-Based Multiple Testing. Examples and Methods for p-Value Adjustment // Computational Statistics & Data Analysis. 1995. No. 20(2). P. 235–236. doi: 10.1016/0167-9473(95)90129-9.
17. Multi-Temporal Analysis of Mean Annual and Seasonal Stream Flow Trends, Including Periodicity and Multiple Non-Linear Regression / Stojčević M., Ilić A., Prohaska S., Plavšić J. // Water Resources Management. 2014. Vol. 28. P. 4319–4335. doi: 10.1007/s11269-014-0753-5.
18. Pekarova P., Miklanek P., Pekar J. Long-term trends and runoff fluctuations of European rivers // Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006), IAHS Publ. 308, 2006. P. 520–525.
19. Pekárová P., Mikláněk P., Pekar J. Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th–20th centuries // Journal of Hydrology. 2003. Vol. 274, No. 1–4. P. 62–79.
20. Shpakova R.N., Kusatov K.I., Mustafin S.K. Spatiotemporal Trends in Changes in the River Water Contents in the Sakha Republic (Yakutia). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. 459 052062. doi: 10.1088/1755-1315/459/5/052062.
21. Timuhins A., Rodinovs V., Klavinš M. Wavelet analysis of the Baltic Region river runoff long-term trends and fluctuations // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2010. Section B. Vol. 64, No. 5/6. P. 229–235. doi: 10.2478/v10046-011-0009-1.
22. Zhao X., Chen X., Huang Q. Trend and long-range correlation characteristics analysis of runoff in upper Fenhe River basin // Water Resour. 2017. 44. P. 31–42. doi: 10.1134/S0097807817010201.

References

1. Alekseeva V.A. (2020) *Analiz vremennyh ryadov* [Time series analysis]. Ul'yanovsk: UIGTU, 147 p. (in Russian).
2. Alekhin YU.M. (1963) *Statisticheskie prognozy v geofizike* [Statistical forecasts in geophysics]. L.: LGU, 86 p. (in Russian).
3. Babkin A.V. (2014) *Skrytye periodichnosti i dolgosrochnoe prognozirovanie stoka rek Rossii* [Hidden periodicities and long-term forecasts of Russian river flow]. LAP Lambert Academic Publishing, 64 p. (in Russian).
4. Bazilevskij M.P., Gefan G.D. (2015) Ob uchete effektov avtokorrelyacii vo vremennyh ryadah [On accounting for autocorrelation effects in time series]. *Informacionnye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya slozhnyh sistem* [Information technologies and problems of mathematical modeling of complex systems], no 14, p. 11–22. (in Russian).
5. Bubin M.N., Rasskazova N.S. (2013) *Ritmichnost' mnogoletnih kolebanij stoka rek kak integral'nyj pokazatel' izmenchivosti klimata (na primere Urala)* [The rhythmicity of long-term fluctuations in river flow as an integral indicator of climate variability (using the example of the Urals)]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta [Publishing of Tomsk Polytechnic University], 279 p. (in Russian).
6. Vajnovskij P.A., Gustov D.V. (2019) *Statisticheskoe prognozirovanie vremennyh ryadov* [Statistical forecasting of time series]. SPb.: Rossijskij gosudarstvennyj gidrometeorologicheskij universitet [Russian State Hydrometeorological University], 240 p. http://elibr.rshu.ru/files_books/pdf/rid_f548d6b7a7134d64a587b7bdcf450d9f.pdf. (in Russian).
7. Visheratin K.N., Karmanov F.I. (2008) *Prakticheskie metody ocenivaniya spektral'nyh parametrov* [Practical methods for estimating spectral parameters]. Obninsk: Institut atomnoj energetiki [Institute of Atomic Energy], 60 p. (in Russian).
8. Dzhamalov R.G., Krichevec G.N., Safronova T.I. (2012) *Sovremennye izmeneniya vodnyh resursov v bassejne r. Leny* [Modern changes in water resources in the Lena River basin]. *Vodnye resursy* [Water resources], vol. 39, no 2, p. 131–145. (in Russian).

Гидрология
Шпакова Р.Н.

9. Druzhinin V.S., Sikan A.V. (2001) *Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informacii* [Methods of statistical processing of hydrometeorological information]. SPb.: Izdatel'stvo RGGMU [Russian State Hydrometeorological University Publishing], 170 p. (in Russian).
10. Dubrovskaya L.I., Gerasimova V.R. (2015) Analiz mnogoletnih kolebanij stoka rek Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya [Analysis of long-term fluctuations in the flow of rivers of the Ob-Irtys interfluve]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], vol. 17, no 6, p. 82-86. (in Russian).
11. Kendel M. *Rangovye korrelyacii* [Rank correlations] (1975) M.: Statistika ["Statistics" Publishing], 216 p. (in Russian).
12. Starkov I.A., Rangulov R.A. (2008) O statisticheskom prognozirovanii harakteristik rechnogo stoka [On statistical forecasting of river flow characteristics]. *Geograficheskij vestnik* [Geographical Bulletin], no 2(8), p. 139-142. (in Russian).
13. Shivareva S.P., Galaeva A.V. (2014) Analiz izmeneniya stoka v bassejne r. Ili v predelah Kazahstana i Kitaya v svyazi s klimaticheskimi izmeneniyami [Analysis of runoff changes in the basin of the Ili river within Kazakhstan and China due to climate change]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and ecology], no 1, p.68-80. (in Russian).
14. Changes in water discharges of the Baltic states rivers in the 20th century and its relation to climate change / Reihan A., Koltsova T., Kriauciuniene J., Lizuma L., Meilutyte-Lukauskiene D. (2007) *Water Policy*, 38(4/5), p. 401-412. <https://doi.org/10.2166/nh.2007.020>.
15. Han L., Menzel L. (2021) Hydrological variability in southern Siberia and the role of permafrost degradation. *Journal of Hydrology*, 604(9):127203. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127203>.
16. Köhne S., Pigeot I. (1995) Resampling-Based Multiple Testing. Examples and Methods for p-Value Adjustment. *Computational Statistics & Data Analysis*, 20(2): 235-236. [https://doi.org/10.1016/0167-9473\(95\)90129-9](https://doi.org/10.1016/0167-9473(95)90129-9).
17. Multi-Temporal Analysis of Mean Annual and Seasonal Stream Flow Trends, Including Periodicity and Multiple Non-Linear Regression / Stojcović M., Ilić A., Prohaska S., Plavšić J. (2014) *Water Resources Management*, vol. 28, p. 4319–4335. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0753-5>.
18. Pekarova P., Miklanek P., Pekar J. (2006) Long-term trends and runoff fluctuations of European rivers. Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006), IAHS Publ. 308, p. 520-525.
19. Pekárová P., Miklánek P., Pekár J. (2003) Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th-20th centuries // *Journal of Hydrology*, vol. 274, no 1-4, p. 62-79.
20. Shpakova R.N., Kusatov K.I., Mustafin S.K. (2020) Spatiotemporal Trends in Changes in the River Water Contents in the Sakha Republic (Yakutia). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 459 052062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052062>.
21. Timuhins A., Rodinovs V., Klavinš M. (2010) Wavelet analysis of the Baltic Region river runoff long-term trends and fluctuations. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, section B, vol. 64, no 5/6, p. 229-235. <https://doi.org/10.2478/v10046-011-0009-1>.
22. Zhao X., Chen X., Huang Q. (2017) Trend and long-range correlation characteristics analysis of runoff in upper Fenhe River basin. *Water Resour*, 44, p. 31–42. <https://doi.org/10.1134/S0097807817010201>.

Статья поступила в редакцию: 12.10.2023, одобрена после рецензирования: 29.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 12 October 2023; approved after review: 29 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Раиса Николаевна Шпакова

кандидат географических наук, доцент
кафедры регионального управления и
национальной политики,
Московский государственный институт
международных отношений (МГИМО);
119454, г. Москва, ул. Вернадского, 76

Information about the author

Raisa N. Shpakova

Candidate of Geographical Sciences, Associate
Professor, Moscow State Institute of International
Relations (MGIMO University), Moscow, Russia;

76, prospekt Vernadskogo, Moscow, 119454, Russia

e-mail: production2003@mail.ru

Гидрология

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

Научная статья

УДК 556.555.7

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82

**ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИСУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ,
НАБЛЮДАЕМЫХ В КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**Анатолий Павлович Лепихин¹, Татьяна Петровна Любимова², Андрей Владимирович Богомолов³,
Максим Андреевич Опутин⁴, Татьяна Николаевна Синцова⁵^{1, 3, 4, 5} Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия² Институт механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, Россия¹ lepihin49@mail.ru, Scopus Author ID: 56370650100, SPIN-код: 7621-8001, Author ID: 147950² lyubimovat@mail.ru, Scopus Author ID: 7003528531, SPIN-код: 1864-7298, Author ID: 6478³ whitewing85@mail.ru, Scopus Author ID: 57211970385, SPIN-код: 2835-5475, Author ID: 1004685⁴ maksimoputka@yandex.ru, Author ID: 1237235, SPIN-код: 7710-7577⁵ tanya_sinzova@mail.ru, Scopus Author ID: 57474212500, SPIN-код: 7569-1702, Author ID: 1226076

Аннотация. Для решения широкого круга задач, связанных с охраной и их рациональным использованием, принципиальное значение имеет оценка колебаний изменчивости показателей их химического состава. При этом, как правило, рассматриваются и анализируются сезонные, месячные колебания. Это было связано, в первую очередь, с особенностями действующей системы мониторинга. Переход на автоматизированные системы измерений дает возможность исследовать и анализировать значительно более короткопериодные процессы, такие как межсуточные и внутрисуточные колебания.

В настоящее время эти колебания показателей качества воды в водохранилищах являются недостаточно исследованными, хотя они играют важную роль как в формировании потребительских свойств воды, так и в обеспечении экологической безопасности водных объектов. В первую очередь, данные колебания особенно актуальны для водных объектов, расположенных в зонах активного техногенеза, являющихся важнейшими источниками водоснабжения крупнейших промышленных комплексов.

В статье рассматриваются процессы, фиксируемые на двух участках Камского водохранилища: нижнем, непосредственно прилегающем к Камской ГЭС, и верхнем, находящемся в зоне выклинивания его подпора. На нижнем участке качество забираемой воды в зимний период характеризуется ярко выраженными межсуточными и внутрисуточными колебаниями, обуславливаемыми значительными изменениями расходов сброса воды в нижнем бьефе. В то же время на верхнем участке водохранилища, находящемся в зоне выклинивания подпора, данные колебания наблюдаются в теплый период при формировании вертикальной стратификации водных масс. Эти явления фиксируются при значительном снижении уклонов водной поверхности и, соответственно, снижении скоростей течений.

Ключевые слова: водохранилища, качество воды, водоснабжение, вертикальная стратификация

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках Научного проекта № С-26/828 и Министерства Науки и Высшего образования РФ (Тема №. 121031700169-1), в рамках государственного задания Горного института УрО РАН (рег. номер НИОКТР: 124020500053-6).

Для цитирования: Лепихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В., Опутин М.А., Синцова Т.Н. Особенности внутрисуточных колебаний показателей качества воды, наблюдаемых в Камском водохранилище // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 70–82. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82

**FEATURES OF INTRADAY FLUCTUATIONS IN WATER QUALITY INDICATORS OBSERVED
IN THE KAMA RESERVOIR**Anatoly P. Lepikhin¹, Tatyana P. Lyubimova², Andrey V. Bogomolov³, Maksim A. Oputin⁴, Tatyana N. Sintsova⁵^{1, 3, 4, 5} Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia² Institute of Continuous Media Mechanics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia¹ lepihin49@mail.ru, Scopus Author ID: 56370650100, SPIN-код: 7621-8001, Author ID: 147950² lyubimovat@mail.ru, Scopus Author ID: 7003528531, SPIN-код: 1864-7298, Author ID: 6478³ whitewing85@mail.ru, Scopus Author ID: 57211970385, SPIN-код: 2835-5475, Author ID: 1004685⁴ maksimoputka@yandex.ru, Author ID: 1237235, SPIN-код: 7710-7577⁵ tanya_sinzova@mail.ru, Scopus Author ID: 57474212500, SPIN-код: 7569-1702, Author ID: 1226076

Abstract. To solve a wide range of problems related to the protection and rational use of water bodies, it is fundamentally important to assess fluctuations in the variability of indicators of their chemical composition. In this case, as a rule, seasonal and



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

monthly fluctuations are considered and analyzed. This is due, most of all, to the features of the current monitoring system. The transition to automated measurement systems makes it possible to study and analyze much shorter-period processes, such as inter- and intra-day fluctuations.

Currently, these fluctuations in water quality indicators in reservoirs are an insufficiently studied phenomenon, although they play an important role both in shaping the consumer properties of water and ensuring the environmental safety of water bodies. These fluctuations are especially relevant for water bodies located in zones of active technogenesis, which are the most important sources of water supply for the largest industrial complexes.

The article examines the processes recorded in two sections of the Kama Reservoir: the lower one, directly adjacent to the Kama Hydroelectric Power Station, and the upper one, located in the zone of pinching out of its backwater. In the lower section, the quality of water taken in winter is characterized by pronounced inter- and intra-day fluctuations caused by significant changes in water discharge rates in the lower pool. At the same time, in the upper section of the reservoir, located in the zone of backwater wedging out, these fluctuations are observed in the warm period, during the formation of vertical stratification of water masses. These phenomena occur with a significant decrease in the slopes of the water surface and, accordingly, a decrease in current speeds.

Keywords: reservoirs, water quality, water supply, vertical stratification

Funding: The study was carried out with financial support from the Government of the Perm Territory, as part of scientific project No. S-26/828, and from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 121031700169-1), as part of the state assignment of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No: 124020500053-6).

For citation: Lepikhin, A.P., Lyubimova, T.P., Bogomolov, A.V., Oputin, M.A., Sintsova, T.N. (2024). Features of intraday fluctuations in water quality indicators observed in the Kama Reservoir. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 70–82. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-70-82

Введение

Колебания качества воды в водохранилищах представляют значительный практический и теоретический интерес. При этом традиционно основное внимание уделяется сезонным, а также междугодовым колебаниям [18; 20; 33]. Однако в последние годы в связи с совершенствованием систем наблюдений значительное внимание стало уделяться более короткопериодным, в том числе и внутрисуточным колебаниям [5; 16–17; 29; 30–32].

Внутрисуточные колебания играют принципиально важную роль в обеспечении устойчивости функционирования систем как питьевого, так и промышленного водопользования. В силу своего генезиса они достаточно локальны, в то же время они, в отличие от более быстропротекающих процессов, не могут быть устранены путем создания некоторых усреднительных емкостей.

Кратковременность рассматриваемых процессов делает практически невозможным их исследование с использованием традиционных схем оценки измеряемых поллютантов в воде, а также традиционных химических методов определения. Необходим переход на физические способы измерений. В настоящее время эти схемы измерений очень активно разрабатываются. Весьма эффективным способом измерений содержания лимитирующих показателей качества воды является измерение удельной электропроводности воды. Данный показатель, с одной стороны, очень тесно связан с макрокомпонентным составом воды, с другой стороны, современные технологии позволяют очень удобно определять его в автоматическом режиме.

При анализе рассматриваемых колебаний ключевой является проблема установления механизмов, обуславливающих наличие таких достаточно быстро протекающих колебаний химического состава воды, так как гидрологические процессы, тем более в зимний период, характеризуются значительной инерционностью.

В зонах активного техногенеза наиболее естественно связывать подобные кратковременные процессы, в первую очередь, с несанкционированным, недеклаируемым отведением сточных вод при различных аварийных и нештатных ситуациях.

Однако данные явления, как правило, носят нерегулярный характер, при этом современные технологии позволяют достаточно эффективно вычленять, идентифицировать возможные несанкционированные воздействия на водные объекты. Поэтому значительно больший интерес представляет установление связей этих колебаний с внутриводоемными процессами.

Так как колебания наблюдаются в водных объектах только при формировании в них устойчивой стратификации водных масс с отчетливо выраженной границей раздела сред, при этом представляется вполне естественным связать эти колебания качества воды с факторами, влияющими на положение границы раздела этих сред.

Гидрология

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

**Чусовской плес Камского водохранилища,
район Чусовских очистных сооружений (ЧОС)**

Основной водозабор питьевой воды г. Перми – ЧОС – расположен непосредственно ниже зоны слияния рек Сылвыи Чусовой, находящихся в подпоре от плотины Камской ГЭС (рис. 1). В ранее проведенных исследованиях была выявлена [6; 9; 23] важная особенность данного района водохранилища – водные массы в зимний период характеризуются значительной вертикальной неоднородностью. В придонных горизонтах транспортируются более плотные воды, обладающие повышенной жесткостью воды р. Сылвы, достигающей 13–14 единиц, а в приповерхностных горизонтах – менее плотные воды р. Чусовой с меньшей жесткостью воды.



Рис. 1. Исследуемые участки реки Камы
(Камского водохранилища)
Fig. 1. Location of the investigated areas
on the Kama River (Kama Reservoir)

Жесткость воды является лимитирующим показателем на рассматриваемом водозаборе ЧОС, поскольку водные массы, приходящие по р. Сылве, высокоминерализованы из-за закарстованности речного бассейна. Однако общая минерализация воды и жесткость, являясь химическими показателями, требуют для своего определения достаточно сложной громоздкой процедуры. Поэтому при проведении полевых исследований значительно удобнее использовать непосредственно измеряемый показатель – удельную электропроводность воды (рис. 2).

Основным преимуществом применения данного показателя является, как уже отмечалось, удобство его определения при наличии очень хорошей линейной связи с минерализацией и жесткостью воды.

Высокая закарстованность водосборной территории р. Сылвы обуславливает не только повышенную жесткость ее воды, но также повышенную минерализацию и плотность по сравнению с водой р. Чусовой. Данные различия становятся особенно заметными в период зимней межени, когда эти реки переходят преимущественно на подземный режим питания. В зоне слияния рек наблюдается отчетливая вертикальная стратификация водных масс с устойчивой границей раздела. Для снижения жесткости забираемой воды был предложен селективный забор воды путем создания донных барьеров на оголовки водозабора [9; 11]. При этом высота донного барьера близка к высоте расположения границы водных масс – к так называемому «слою скачка», где наблюдается резкое изменение качества воды.

Близость данного участка к плотине Камской ГЭС (расстояние до гидроузла составляет порядка 16 км) обуславливает значительное влияние на гидродинамический режим исследуемого участка водоема в связи с неравномерностью сбросов воды из верхнего бьефа ГЭС в нижний (резкие изменения сбросных расходов воды через плотину гидроузла).

Гидрология

Летихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,

Опутин М.А. Синцова Т.Н.

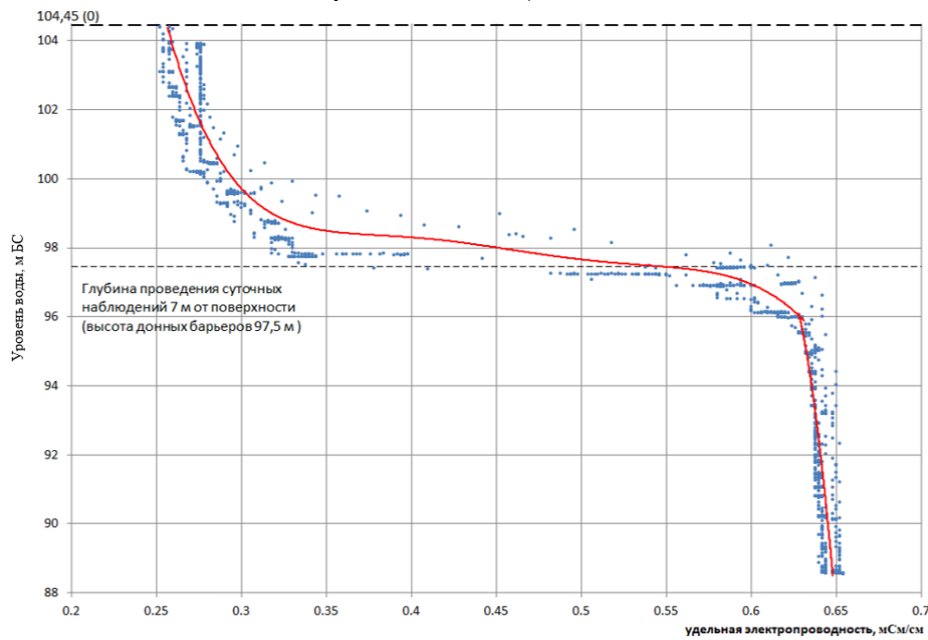


Рис. 2. Изменение по глубине удельной электропроводности воды в районе ЧОС (28 января 2021 г.)
 Fig. 2. Change in specific electrical conductivity of water near the Chusovskie Water Purification Plant (January 28, 2021)

Особенности и масштабы внутрисуточных колебаний качества воды

Большинство крупных ГЭС из-за особенностей их регулирования, в первую очередь, ориентированы на снятие внутрисуточных неравномерностей потребления электроэнергии. В таком режиме работает и Камская ГЭС. Резкие изменения расходов сброса воды в нижнем бьефе порождают в верхнем бьефе внутренние волны на границе раздела водных масс. Так как высота донных барьеров, определяющих эффективность селективного отбора воды, достаточно близка к границе раздела водных масс, возмущения, связанные с неравномерностью сбросов, отчетливо отражаются на качестве забираемой воды. Представленная информация на рис. 3, 4 наглядно демонстрирует особенности внутринедельного и внутрисуточного регулирования сбросов воды через гидроузел Камской ГЭС.



Рис. 3. Синхронный график внутрисуточных изменений расхода воды и удельной электропроводности
 Fig. 3. Synchronous graphs of intraday fluctuations in water discharge and electrical conductivity

При этом значимое, существенное влияние на качество забираемой воды оказывают наиболее масштабные сбросы воды в нижний бьеф через плотину Камской ГЭС. При малых сбросах воды влияние практически отсутствует.

Гидрология

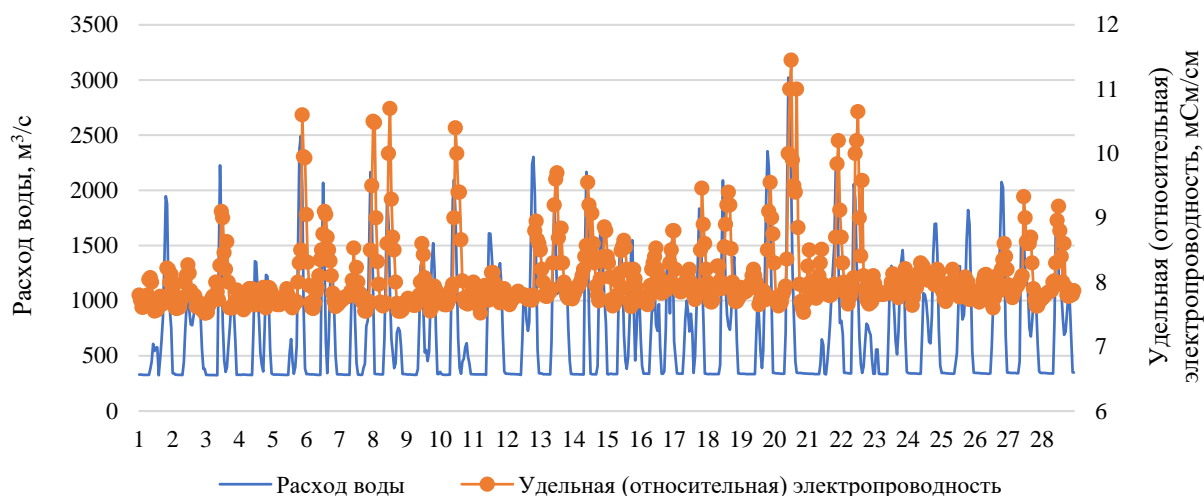
Лепихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,
Опунин М.А. Синцова Т.Н.

Рис. 4. Синхронный график изменений расхода воды и удельной электропроводности (февраль 2022 г.)
Fig. 4. Synchronous graphs of fluctuations in water discharge and electrical conductivity (February 2022)

Рассматриваемая особенность отражает серьезный нелинейный характер формируемых на границе раздела водных масс внутренних волн. Данные внутрисуточные колебания качества воды значительны и требуют принятия эффективных мер по минимизации их влияния.

Особенности гидрологического и гидрохимического режима р. Камы (Камского водохранилища) в районе г. Березники

Рассматриваемый район водохранилища расположен в зоне выклинивания подпора, в 200 км выше Камской ГЭС. На данном участке водохранилища наблюдается значительная внутригодовая динамика уровенного режима воды, в отдельные годы колебания уровня превышают 7 м, что обусловлено сезонным регулированием водохранилища. Характерной особенностью данного участка водохранилища, представленного на рис. 1, является очень высокая техногенная нагрузка, связанная как с точечными, так и с диффузными источниками загрязнения [1; 4; 7; 8; 21]. Для этой зоны характерны фильтрационные разгрузки подземных высокоминерализованных вод как естественного, так и техногенного генезиса. Исходя из особенностей генезиса гидрохимического режима р. Камы, в рассматриваемом районе основным лимитирующим показателем качества воды является содержание хлоридов. Для этого показателя установлена устойчивая зависимость между содержанием хлорид-ионов в воде и ее удельной электропроводностью

$$Cl = 0.271 * \kappa - 31.9, \quad (1)$$

где Cl – концентрация хлорид-ионов, мг/л; κ – удельная электропроводность, мСм/см, при тесноте связи $R^2 = 0.96$. Соответственно, хлориды и в совокупности другие макрокомпоненты, тесно связанные с ними, вносят доминирующий вклад в формирование удельной электропроводности воды на данном участке р. Камы.

Характерной особенностью данных колебаний является то, что они наблюдаются только при формировании вертикальной неоднородности водных масс (рис. 5), свойственной р. Каме (Камскому водохранилищу) в районе г. Березники в теплый период. Это явление наглядно демонстрируется на профилях распределения удельной электропроводности воды в районе водозабора АО «БСЗ» (рис. 5).

Впервые рассматриваемый эффект был обнаружен Г.И. Куликовым [3] еще в 1959 г. при проведении первой детальной съемки Камского водохранилища после его наполнения. К сожалению, на данное явление не обращалось должного внимания, и оно практически не изучалось.

Гидрология

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

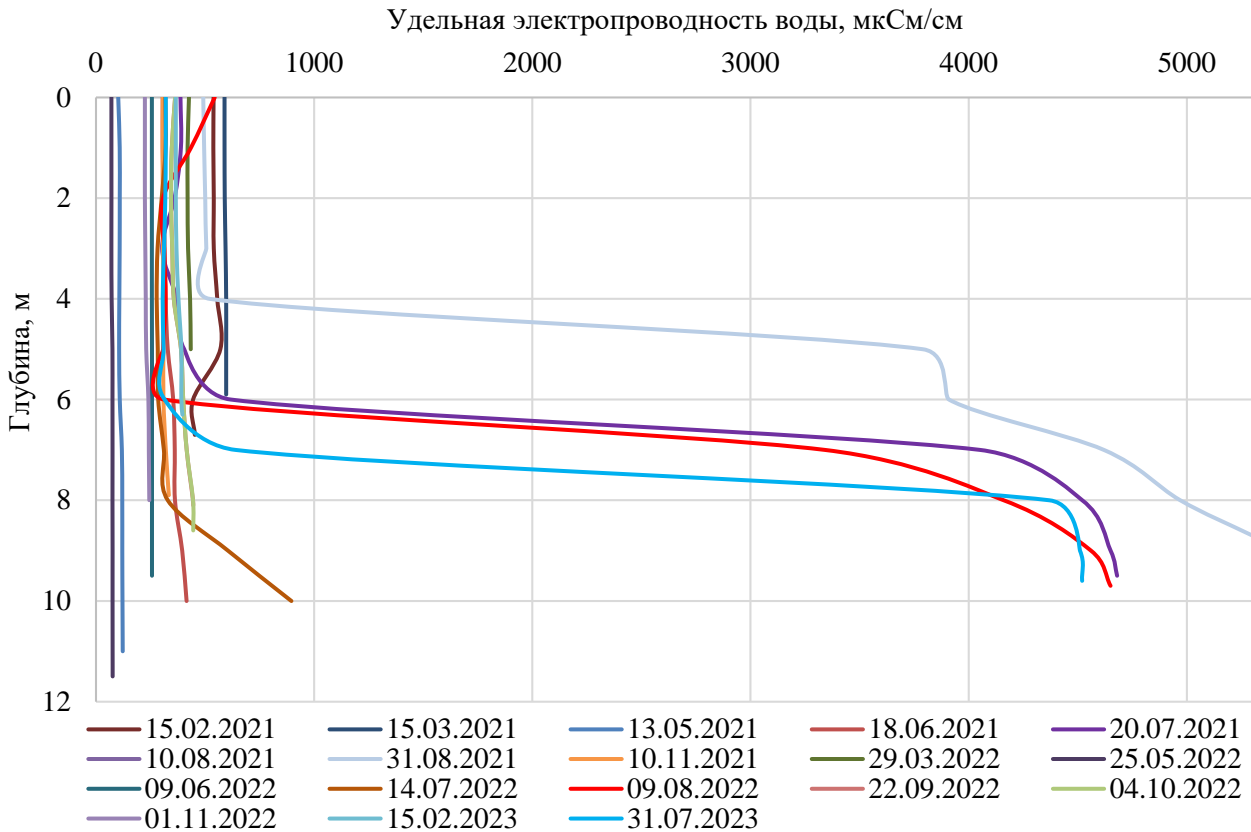


Рис. 5. Распределение по глубине удельной электропроводности воды в районе г. Березники (водозабор АО «БСЗ») за 2021–2023 гг.

Fig. 5. Distribution by depth of specific electrical conductivity of water in the Berezniki area (water intake of 'BSZ' LLC) for 2021 – 2023

Как показал выполненный анализ, существенная вертикальная стратификация водных масс формируется, когда плотностное число Фруда $Fr_p < 1$. При этом необходимо учитывать это плотностное число Фруда

$$Fr_p \approx \frac{1}{\sqrt{Ri}}, \quad (2)$$

где Ri – градиентное число Ричардсона,

$$Fr_p = \frac{V}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho} \cdot g \cdot H_r\right)^{1/2}}, \quad (3)$$

где V – характерная скорость потока; $\Delta\rho/\rho$ – относительное различие плотности воды между слоями. Так как

$$V = C \cdot (H \cdot i)^{1/2}, \quad (4)$$

где C – коэффициент Шези; i – уклон водной поверхности; H_r – расположения границы раздела водных масс, при $H_r \sim H/2$, учитывая эти соотношения, имеем для оценки критического значения уклона водной поверхности

$$i_{кр} < \frac{(\Delta\rho/\rho)}{2 \cdot Fr_p^2 \cdot C^2/g}. \quad (5)$$

Поскольку для рассматриваемого участка р. Камы $C \sim 45$, то $\frac{C}{\sqrt{g}} \sim 14,4$, а при характерных значениях $\Delta\rho/\rho \sim 10^{-3}$ будет иметь место число $Fr_p \sim 1$ при снижении уклона до $i \sim 0,5 \cdot 10^{-5}$, или 0,5 см/км, т.е. стратификация становится устойчивой, а интенсивность вертикального перемешивания резко снижается.

Для того чтобы были проанализированы и установлены внутриводоемные причины колебаний суточных и тем более внутрисуточных масштабов, необходима информация с такой же детальностью и

Гидрология

Лепихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,
Опунин М.А. Синцова Т.Н.

гидрологических процессов. К сожалению, в настоящее время на рассматриваемом участке водохранилища проводятся регулярные наблюдения только за уровнем по гидрологическим постам пгт Тюлькино и г. Березники с представлением информации только раз в сутки – на 8 часов утра. Исходя из данной информации, трудно оценить гидродинамические характеристики рассматриваемого водного потока, даже оценить гидравлический уклон р. Камы (Камского водохранилища) на данном участке.

Оценка значений уклонов водной поверхности, полученных на основе анализа фактических данных только по двум водомерным постам, не отражает реальную картину распределения уклонов на всем участке от пгт Тюлькино до г. Березники. Так как данный участок водохранилища находится в зоне переменного подпора, в связи с этим на нем возможен достаточно сложный характер как распределения гидравлических уклонов по протяженности рассматриваемого участка, так и его связи со скоростями течения.

Поэтому с целью получения объективной оценки значений уклонов на рассматриваемом участке от пгт Тюлькино до г. Березники были проведены гидравлические расчеты в 1D-постановке с использованием программного продукта HEC-RAS 5.0 [19].

Расчеты были проведены для следующих типичных сценариев наблюдаемых гидрологических режимов:

- 1) Стабильный поддерживаемый уровень НПУ (108,5 м БС) при стабильном притоке по пгт Тюлькино;
- 2) Поддерживаемый уровень воды составляет 105,35 м БС, при этом наблюдается снижение притока воды по пгт Тюлькино на $50 \text{ м}^3/\text{с}$ в сутки;
- 3) Поддерживаемый уровень воды составляет 105,35 м БС при стабильном притоке воды;
- 4) Уровень воды поддерживается на отметке \sim НПУ (108,5 м БС) при интенсивности снижения притока воды $100 \text{ м}^3/\text{с}$ в сутки и относительно резком изменении уровней на $0,15 \text{ м}/\text{сут}$.

Результаты расчетов представлены на рис. 6.

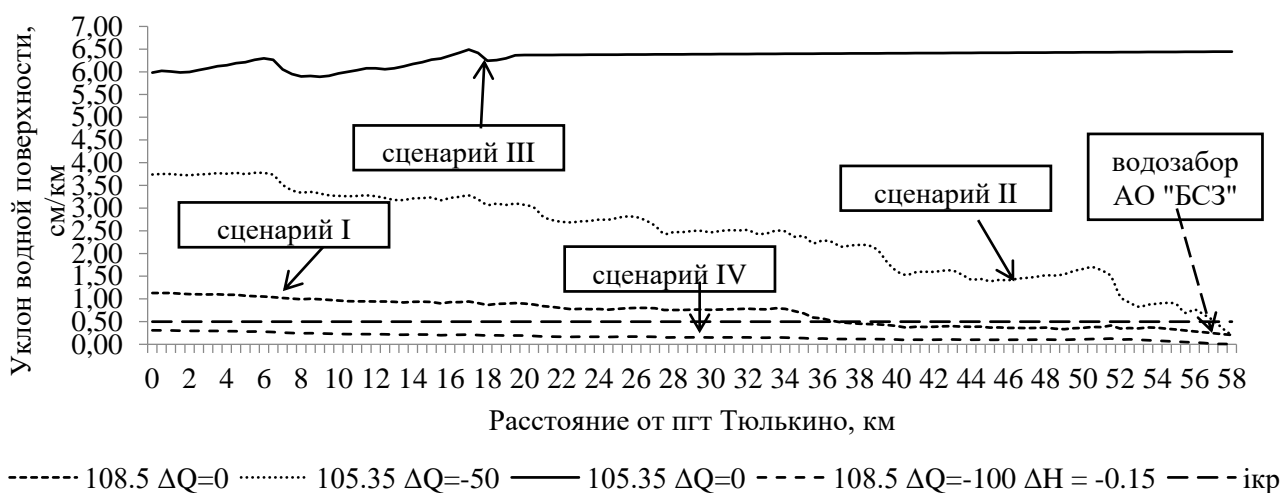


Рис. 6. Изменения уклона водной поверхности на участке от пгт Тюлькино до г. Березники при различных условиях

Fig. 6. Changes in the slope of the water surface in the area from the urban-type settlement Tyulkinovo to the city of Berezniki under different conditions

Как следует из рис. 6, распределение уклонов водной поверхности на рассматриваемом участке существенно неоднородно. При этом на характер распределения водной поверхности определяющее значение оказывают уровень воды, поддерживаемый в водохранилище, и режим изменения притока воды по посту р. Камы – пгт Тюлькино, если при уровнях воды, близких к НПУ (108,50 м), распределение уклонов водной поверхности достаточно однородно на всем участке вне зависимости от динамики притока пгт Тюлькино. В то же время при уровнях воды, характерных для августа-октября 2023 г., $\sim 105,40 \text{ м}$ и одновременном существенном падении расходов по пгт Тюлькино, наблюдается значительная неоднородность распределения уклонов. Расчетные уклоны водной поверхности на данном участке изменяются более чем на порядок.

Гидрология

Летихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,

Опутин М.А. Синцова Т.Н.

**Внутрисуточные колебания качества воды в р. Каме
(Камском водохранилище) в районе г. Березники**

В зимний период при значительной сработке водохранилища скорости течения существенно выше, чем фиксируемые в теплый период, поэтому вертикальная стратификация водных масс и внутрисуточные колебания минерализации воды не наблюдаются.

Как было показано выше, малые уклоны на рассматриваемом участке водохранилища могут наблюдаться только в теплый период вследствие резкого снижения расхода воды в р. Каме при стабильном уровне воды в Камском водохранилище у г. Березники.

Наблюдаемое содержание хлоридов на водозаборе АО БСЗ и значения уклонов водной поверхности, оцениваемых по разнице уровней воды между постами пгт Тюлькино и г. Березники, рассматривались за 2021–2023 гг.

В период летней межени 2023 г. (рис. 7) на Камском водохранилище отмечались наименьшие расходы воды на основных притоках, в том числе и по р. Каме. Вследствие этого на исследуемом участке фиксировались наибольшие уклоны водной поверхности, что в свою очередь определило условия для формирования вертикальной неоднородности водных масс.



Рис. 7. График изменения содержания хлоридов и уклона водной поверхности на участке от пгт Тюлькино до г. Березники (динамика за 2023 г.)

Fig. 7. Graph of changes in the content of chlorides and the slope of the water surface in the area from the urban-type settlement Tyulkinovo to the city of Berezniki (dynamics for 2023)

Как следует из материалов рис. 7, изменения содержания хлоридов на водозаборе и уклонов водной поверхности на исследуемом участке р. Камы существенно асинхронны. Максимальные концентрации хлоридов наблюдаются при минимальных уклонах. Наиболее существенный интерес представляют резкие повышения содержания хлоридов, наблюдаемые в октябре и ноябре 2023 г. при уклонах водной поверхности значительно выше критических значений. Проведенное численное моделирование показало, что из-за существенного снижения притока воды распределение уклонов водной поверхности очень неоднородно на рассматриваемом участке (рис. 8).

При гидрологических условиях, характерных для данных периодов, как следует из рис. 8, в районе г. Березники уклон водной поверхности должен быть $i \sim 1,5 \cdot 10^{-6}$, что ниже указанных выше критических значений.

На рис. 9 представлено внутрисуточное распределение значений удельной электропроводности за отдельные периоды наблюдений в июне и сентябре 2023 г., когда фиксировались существенные стратификации водных масс. Так, 20 июня менее чем за два часа произошел спад удельной электропроводности с 1900 до 620 мСм/см. Также следует отметить очень резкие изменения значений удельной электропроводности 30 сентября.

Гидрология

Летихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,

Опунин М.А. Синцова Т.Н.

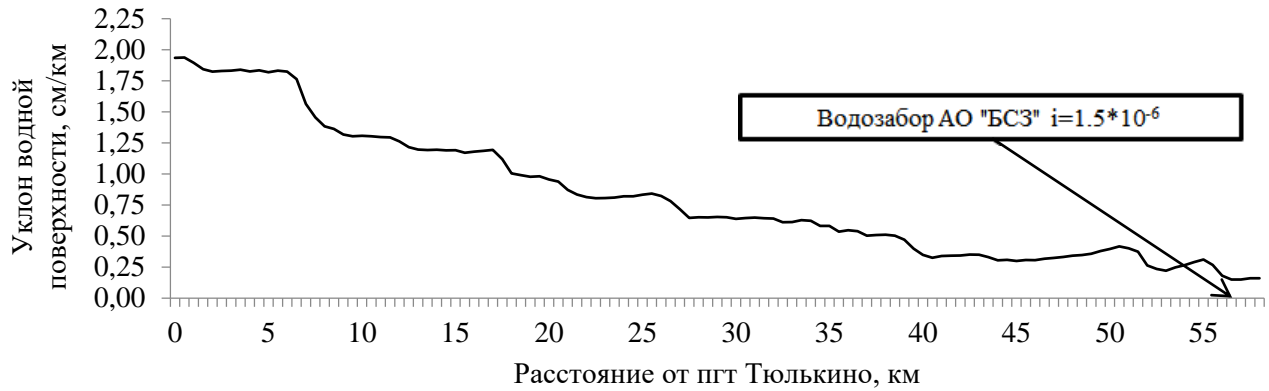


Рис. 8. Распределение уклонов водной поверхности на участке от пгт Тюлькино до г. Березники
 Fig. 8. Distribution of water surface slopes in the area from the urban-type settlement Tyulkiino to the city of Berezniki

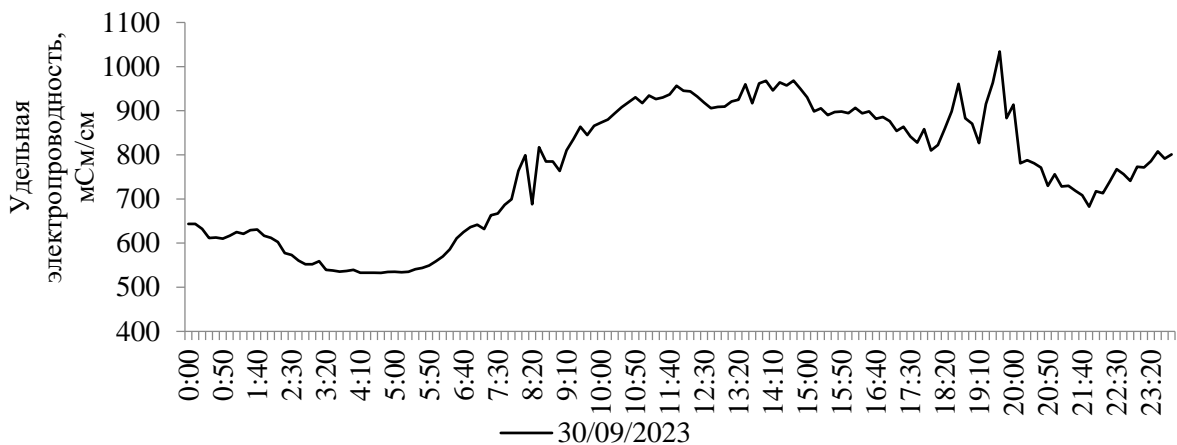
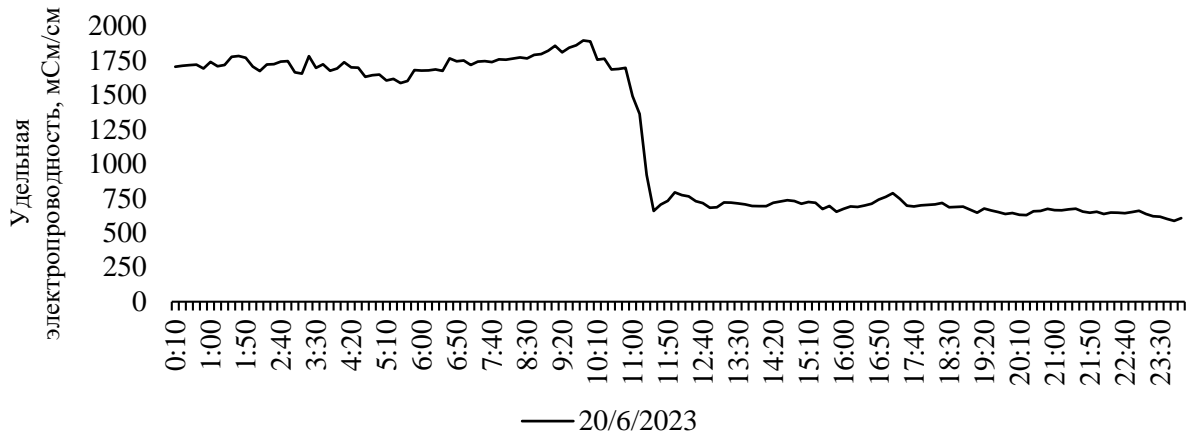


Рис. 9. График внутрисуточного распределения удельной электропроводности (мСм/см)
 Fig. 9. Graph of intraday distribution of specific electrical conductivity (mS/cm)

Отмеченные существенные кратковременные изменения качества воды, косвенным показателем которого является удельная электропроводность, возможны только при значительной вертикальной неоднородности водных масс в условиях наличия отчетливо выраженной границы раздела водных масс.

Гидрология

Лепихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,

Опутин М.А. Синцова Т.Н.

Заключение

Внутрисуточные колебания качества воды могут оказывать большое влияние как на формирование потребительских свойств воды, так и на экологическую безопасность водных объектов. Поэтому они представляют и практический, и теоретический интерес.

Рассмотрено формирование внутрисуточных колебаний качества воды, наблюдаемых на двух участках Камского водохранилища: первого, непосредственно прилегающего к плотине водохранилища, и второго, расположенного в зоне выклинивания подпора.

Необходимым условием для формирования данных локальных колебаний является наличие вертикальной стратификации водных масс. В первой зоне они формируются вследствие слияния двух рек с существенно различными плотностными характеристиками воды, во второй – вследствие инфильтрации высокоминерализованных рассолов, обусловленной комплексом как естественных природных, так и техногенных факторов.

Вертикальная стратификация водных масс с устойчивой границей раздела формируется при плотностном числе Фруда $F_{r_p} < 1$. При наличии вертикальной стратификации внутрисуточные колебания проявляются в виде внутренних волн, формируемых на границе раздела водных масс. На нижнем участке в районе ЧОС внутренние волны на границе раздела водных масс вызываются резкими колебаниями сброса воды в нижнем бьефе водохранилища, на верхнем колебания обусловлены внутриводоемными процессами, связанными как с регулированием уровня режима водохранилища, так и с колебаниями притока воды к водохранилищу.

Библиографический список

1. Богомолов А.В., Лепихин А.П., Ляхин Ю.С., Гребенева М.Г. Особенности колебаний вертикальных структур полей минерализации в Камском водохранилище в период летней межени в районе г. Березники // Горное эхо. 2021. № 4 (85). С. 3–11.
2. Веницианов Е.В., Лепихин А.П. Физико-химические основы моделирования миграции и трансформации тяжелых металлов в природных водах. Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. 235 с.
3. Куликов Г.И. Влияние сброса химической промышленности на минерализацию воды Камского водохранилища в районе г. Березники: материалы Всесоюзного совещания по вопросам эксплуатации Камского водохранилища. Пермь, 1959. Вып. 2. С. 1–13.
4. Лепихин А.П., Богомолов А.В., Ляхин Ю.С. К особенностям формирования качества воды р. Камы (Камского водохранилища) в зимний период в районе г. Березники // Горное эхо. 2022. № 1 (86). С. 13–25.
5. Лепихин А.П., Богомолов А.В., Синцова Т.Н. Особенности внутрисуточных колебаний физических показателей качества воды в Камском водохранилище // Горное эхо. 2023. № 3 (92). С. 14–26.
6. Лепихин А.П., Богомолов А.В., Тиунов А.А. Особенности течений в верхних бьефах крупных ГЭС, связанных с неравномерностью пропуска через них воды // Горное эхо. 2020. № 1 (78). С. 12–15.
7. Лепихин А.П., Веницианов Е.В., Любимова Т.П., Тиунов А.А., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Влияние вертикальной неоднородности водных масс на устойчивость промышленного водоснабжения в зонах высокой техногенной нагрузки // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2021. № 4. С. 53–63.
8. Лепихин А.П., Возняк А.А., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамско-Березниковского промузла // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 5. С. 560–566.
9. Лепихин А.П., Любимова Т.П., Возняк А.А., Паршакова Я.Н., Богомолов А.В., Ляхин Ю.С. Особенности регулирования качества воды при ее селективном заборе из водохранилищ // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 3. С. 56–68.
10. Лепихин А.П., Любимова Т.П., Паршакова Я.Н., Ляхин Ю.С., Богомолов А.В. Особенности численного моделирования плотностных стратификационных эффектов в динамике крупных водохранилищ // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 4. С. 32–46.
11. Лепихин А.П., Немковский Б.Б., Онянов В.А., Капитанова Е.Н. Селективный отбор воды // Водоснабжение и санитарная техника. 1988. № 3. С. 27.
12. Любимова Т.П., Лепихин А.П., Богомолов А.В., Паршакова Я.Н. Формирование вертикальной неоднородности водных масс в водохранилищах, расположенных в зонах активного техногенеза // Задачи со свободными границами: теория, эксперимент и приложения: тезисы докладов VIII Всероссийской конференции с международным участием. Томск, 2023. С. 133–134.
13. Любимова Т.П., Лепихин А.П., Паршакова Я.Н., Богомолов А.В., Ляхин Ю.С., Исахов А. Особенности гидродинамики водоемов с вертикальной плотностной неоднородностью водных масс в условиях активного техногенеза // Вычислительная механика сплошных сред. 2023. Т. 16, № 1. С. 115–124.
14. Любимова Т.П., Лепихин А.П., Паршакова Я.Н., Богомолов А.В., Ляхин Ю.С. Влияние на качество отбираемой воды нестационарности скоростного режима водного объекта при наличии в нем плотностной стратификации // Вычислительная механика сплошных сред. 2022. Т. 15, № 2. С. 133–144.
15. Любимова Т.П., Лепихин А.П., Паршакова Я.Н., Циберкин К.Б. Численное моделирование инфильтрации жидких отходов из хранилища в прилегающие грунтовые воды и поверхностные водоемы // Вычислительная механика сплошных сред. 2015. Т. 8, № 3. С. 310–318.
16. Чалов С.Р., Цыпленков А.С. Роль крупномасштабной турбулентности в изменении мутности речных вод // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. № 3. С. 34–46.
17. Elçi S. Effects of thermal stratification and mixing on reservoir water quality // Limnology. 2008. Vol. 9. P. 135–142. doi: 10.1007/s10201-008-0240-x

Гидрология

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

18. Hamshaw S.D., Dewoolkar M.M., Schroth A.W., Wemple B.C., Rizzo D.M. A New Machine-Learning Approach for Classifying Hysteresis in Suspended-Sediment Discharge Relationships Using High-Frequency Monitoring Data // *Water Resources Research*. 2018. P. 1–19. doi:10.1029/2017WR022238
19. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual (CPD-69) // Gary W. Brunner, Version 6.2, Exported – December 2022. P. 464.
20. Kenan Alpaslan, Ahmet Sesli, Rıdvan Tepe, Nurten Özbey, Nevin Birici, Tünay Şeker, Mehmet Ali Turan Koçer Vertical and seasonal changes of water quality in Keban dam reservoir // *Journal of FisheriesSciences.com*. 2012. Vol. 6, Issue 3. P. 252–262. doi:10.3153/jfscom.2012029
21. Lepikhin A.P., Voznyak A.A., Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Lyakhin Y.S., Bogomolov A.V. Studying the formation features and the extent of diffuse pollution formed by large industrial complexes: case study of the Solikamsk–Berezniki industrial hub // *Water Resources* / 2020. Vol. 47, No. 5. С. 744–750.
22. Ljahin U.S., Bogomolov A.V., Lepihin A.P. Experience in application of modern technologies of measuring the structure of currents in the upstream waters of large hydroelectric complexes (on the example of the Kama hpp) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 8. Сер. "VIII All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation "Modern Problems of Reservoirs and Their Catchments". 2021. P. 012005.
23. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Ya., Konovalov V., Tiunov A. Formation of the density currents in the zone of confluence of two rivers // *J. Hydrol.* 2014. Vol. 508. P. 328–342. doi: org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.041
24. Lyubimova T., Parshakova Y., Lepikhin A., Bogomolov A., Lyakhin Y. The influence of intra-day non-uniformity of operation of large hydroelectric powerplants on the performance stability of water intakes located in their upper pools // *Water*. 2021. Vol. 13, No. 24.
25. Lyubimova T., Parshakova Y., Lepikhin A., Lyakhin Y., Tiunov A. Application of hydrodynamic modeling in 2D and 3D approaches for the improvement of the recycled water supply systems of large energy complexes based on reservoirs-coolers // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019. Vol. 140. P. 897–908.
26. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Parshakova Y.N. Influence of hydrodynamic regimes on mixing of waters of confluent rivers // *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2021. Vol. 60. P. 1220.
27. Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Lepikhin A.P., Bogomolov A.V. Coherent structures at the interface between water masses of confluent rivers // *Water*. 2022. Vol. 14, No. 8.
28. Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Tsiberkin K.B., Lepikhin A.P. Numerical modeling of liquid-waste infiltration from storage facilities into surrounding groundwater and surface-water bodies // *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2016. Vol. 57, No. 7. P. 1208–1216.
29. Richardson David C., Kaplan Louis A., Newbold J. Denis, and Aufdenkampe Anthony K. Temporal dynamics of seston: A recurring nighttime peak and seasonal shifts in composition in a stream ecosystem // *Limnol. Oceanogr.* 2009. No. 54 (1). P. 344–354. doi: 10.4319/lo.2009.54.1.0344
30. Scott C. Brooks, Kenneth A. Lowe, Tonia L. Mehlhorn, Todd A. Olsen, Xiangping Yin, Allison M. Fortner, Mark J. Peterson Intraday Water Quality Patterns in East Fork Poplar Creek with an Emphasis on Mercury and Monomethylmercury // *OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY*. 2018. 69 p. doi: 10.2172/1437608
31. Stott T.A., Grove J.R. Short-term discharge and suspended sediment fluctuations in the proglacial Skeldal River, north-east Greenland // *Hydrological Processes*. 2001. Vol. 15, No. 3. P. 407–423. doi: 10.1002/hyp.156
32. Stott T.A., Mount N.J. Alpine proglacial suspended sediment dynamics in warm and cool ablation seasons: Implications for global warming // *Journal of Hydrology*. 2007. Vol. 332, No. 3–4. P. 259–270. doi: 10.1016/j.jhydrol.2006.07.001
33. Vercruyssen K., Grabowski R.C., Rickson R.J. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. *Earth-Science Reviews*. 2017. Vol. 166. P. 38–52. doi: 10.1016/j.earscirev.2016.12.016

References

1. Bogomolov A.V., Lepikhin A.P., Lyakhin YU.S., Grebeneva M.G. Osobennosti kolebaniy vertikal'nykh struktur poley mineralizatsii v Kamskom vodokhranilishche v period letney mezheni v rayone g. Berezniki // *Gornoye ekho*, 2021. № 4 (85). S. 3–11.
2. Venitsianov Ye.V., Lepikhin A.P. Fiziko-khimicheskiye osnovy modelirovaniya migratsii i transformatsii tyazhelykh metallov v prirodnykh vodakh. Yekaterinburg: Izd-vo RosNIIVKH, 2002. 235 s.
3. Kulikov G.I. Vliyaniye sbrosa khimicheskoy promyshlennosti na mineralizatsiyu vody Kamskogo vodokhranilishcha v rayone g. Berezniki // *Materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya po voprosam ekspluatatsii Kamskogo vodokhranilishcha*. Perm', 1959. Vyp. 2. S. 1–13.
4. Lepikhin A.P., Bogomolov A.V., Lyakhin YU.S. K osobennosti formirovaniya kachestva vody r. Kamy (Kamskogo vodokhranilishcha) v zimniy period v rayone g. Berezniki // *Gornoye ekho*, 2022. № 1 (86). S. 13–25.
5. Lepikhin A.P., Bogomolov A.V., Sintsova T.N. Osobennosti vnutrisutochnykh kolebaniy fizicheskikh pokazateley kachestva vody v Kamskom vodokhranilishche // *Gornoye ekho*, 2023. № 3 (92). S. 14–26.
6. Lepikhin A.P., Bogomolov A.V., Tiunov A.A. Osobennosti techeniy v verkhnikh b'yefakh krupnykh GES, svyazannykh s neravnomenost'yu propuska cherez nikh vody // *Gornoye ekho*, 2020. № 1 (78). S. 12–15.
7. Lepikhin A.P., Venitsianov Ye.V., Lyubimova T.P., Tiunov A.A., Parshakova YA.N., Lyakhin YU.S., Bogomolov A.V. Vliyaniye vertikal'noy neodnorodnosti vodnykh mass na ustoychivost' promyshlennogo vodosnabzheniya v zonakh vysokoy tekhnogennoy nagruzki // *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2021. № 4. S. 53–63.
8. Lepikhin A.P., Voznyak A.A., Lyubimova T.P., Parshakova YA.N., Lyakhin YU.S., Bogomolov A.V. Issledovaniye osobennostey formirovaniya i masshtabov diffuznogo zagryazneniya, sformirovannogo krupnymi promyshlennymi kompleksami, na primere Solikamsko-Bereznikovskogo promuzla // *Vodnyye resursy*, 2020. T. 47. № 5. S. 560–566.
9. Lepikhin A.P., Lyubimova T.P., Voznyak A.A., Parshakova YA.N., Bogomolov A.V., Lyakhin YU.S. Osobennosti regulirovaniya kachestva vody pri yeye selektivnom zabore iz vodokhranilishch // *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*, 2017. № 3. S. 56–68.

Гидрология

Лепихин А.П., Любимова Т.П., Богомолов А.В.,

Опутин М.А. Синцова Т.Н.

10. Lepikhin A.P., Lyubimova T.P., Parshakova YA.N., Lyakhin YU.S., Bogomolov A.V. Osobennosti chislennogo modelirovaniya plotnostnykh stratifikatsionnykh effektov v dinamike krupnykh vodokhranilishch // Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye, 2016. № 4. S. 32-46.
11. Lepikhin A.P., Nemkovskiy B.B., Onyanov V.A., Kapitanova Ye.N. Selektivnyy otbor vody // Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika, 1988. № 3. S. 27.
12. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Bogomolov A.V., Parshakova YA.N. Formirovaniye vertikal'noy neodnorodnosti vodnykh mass v vodokhranilishchakh, raspolozhennykh v zonakh aktivnogo tekhnogeneza // V knige: Zadachi so svobodnymi granitsami: teoriya, eksperiment i prilozheniya. Tezisy dokladov VIII Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. Tomsk, 2023. S. 133-134.
13. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Parshakova YA.N., Bogomolov A.V., Lyakhin YU.S., Isakhov A. Osobennosti gidrodinamiki vodoyemov s vertikal'noy plotnostnoy neodnorodnost'yu vodnykh mass v usloviyakh aktivnogo tekhnogeneza // Vychislitel'naya mekhanika sploshnykh sred, 2023. T. 16. № 1. S. 115-124.
14. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Parshakova YA.N., Bogomolov A.V., Lyakhin YU.S. Vliyaniye na kachestvo otbirayemoy vody nestatsionarnosti skorostnogo rezhima vodnogo ob'yekta pri nalichii v nem plotnostnoy stratifikatsii // Vychislitel'naya mekhanika sploshnykh sred, 2022. T. 15. № 2. S. 133-144.
15. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Parshakova YA.N., Tsiberkin K.B. Chislennoye modelirovaniye infil'tratsii zhidkikh otkhodov iz khranilishcha v prilgayushchiye gruntovyye vody i poverkhnostnyye vodoyemy // Vychislitel'naya mekhanika sploshnykh sred, 2015. T. 8. № 3. S. 310-318.
16. Chalov S.R., Tsyplenkov A.S. Rol' krupnomasshtabnoy turbulentsii v izmenenii mutnosti rechnykh vod // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya, 2020. №3. S. 34-46.
17. Elçi, S. Effects of thermal stratification and mixing on reservoir water quality // Limnology, 2008. 9: 135-142. DOI: 10.1007/s10201-008-0240-x
18. Hamshaw S.D., Dewoolkar M.M., Schroth A.W., Wemple B.C., Rizzo D.M. A New Machine-Learning Approach for Classifying Hysteresis in Suspended-Sediment Discharge Relationships Using High-Frequency Monitoring Data // Water Resources Research, 2018. P. 1-19. DOI:10.1029/2017WR022238
19. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual (CPD-69) // Gary W. Brunner, Version 6.2, Exported – December 2022. P. 464.
20. Kenan Alpaslan, Ahmet Sesli, Rıdvan Tepe, Nurten Özbey, Nevin Birici, Tünay Şeker, Mehmet Ali Turan Koçer Vertical and seasonal changes of water quality in Keban dam reservoir // Journal of FisheriesSciences.com, 2012. Volume 6. Issue 3. P. 252-262. DOI:10.3153/jfsc.com.2012029
21. Lepikhin A.P., Voznyak A.A., Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Lyakhin Y.S., Bogomolov A.V. Studying the formation features and the extent of diffuse pollution formed by large industrial complexes: case study of the Solikamsk–Berezniki industrial hub // Water Resources, 2020. T. 47. № 5. C. 744-750.
22. Ljahin U.S., Bogomolov A.V., Lepihin A.P. Experience in application of modern technologies of measuring the structure of currents in the upstream waters of large hydroelectric complexes (on the example of the Kama hpp) // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 8. Сер. "VIII All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation "Modern Problems of Reservoirs and Their Catchments"", 2021. P. 012005.
23. Lyubimova T., Lepikhin A., Parshakova Ya., Konovalov V., Tiunov A. Formation of the density currents in the zone of confluence of two rivers // J. Hydrol, 2014. V. 508. P. 328-342. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.10.041>
24. Lyubimova T., Parshakova Y., Lepikhin A., Bogomolov A., Lyakhin Y. The influence of intra-day non-uniformity of operation of large hydroelectric powerplants on the performance stability of water intakes located in their upper pools // Water, 2021. T. 13. № 24.
25. Lyubimova T., Parshakova Y., Lepikhin A., Lyakhin Y., Tiunov A. Application of hydrodynamic modeling in 2D and 3D approaches for the improvement of the recycled water supply systems of large energy complexes based on reservoirs-coolers // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2019. T. 140. C. 897-908.
26. Lyubimova T.P., Lepikhin A.P., Parshakova Y.N. Influence of hydrodynamic regimes on mixing of waters of confluent rivers // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2021. T. 60. P. 1220.
27. Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Lepikhin A.P., Bogomolov A.V. Coherent structures at the interface between water masses of confluent rivers // Water, 2022. T. 14. № 8.
28. Lyubimova T.P., Parshakova Y.N., Tsiberkin K.B., Lepikhin A.P. Numerical modeling of liquid-waste infiltration from storage facilities into surrounding groundwater and surface-water bodies // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics, 2016. T. 57. № 7. P. 1208-1216.
29. Richardson David C., Kaplan Louis A., Newbold J. Denis, and Aufdenkampe Anthony K. Temporal dynamics of seston: A recurring nighttime peak and seasonal shifts in composition in a stream ecosystem // Limnol. Oceanogr., 2009. 54(1). P. 344–354. DOI:10.4319/lo.2009.54.1.0344
30. Scott C. Brooks, Kenneth A. Lowe, Tonia L. Mehlhorn, Todd A. Olsen, Xiangping Yin, Allison M. Fortner, Mark J. Peterson Intraday Water Quality Patterns in East Fork Poplar Creek with an Emphasis on Mercury and Monomethylmercury // OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 2018. 69 p. DOI: 10.2172/1437608
31. Stott T.A., Grove J.R. Short-term discharge and suspended sediment fluctuations in the proglacial Skeldal River, north-east Greenland // Hydrological Processes, 2001. Vol. 15. No. 3. P. 407-423. DOI:10.1002/hyp.156
32. Stott T.A., Mount N.J. Alpine proglacial suspended sediment dynamics in warm and cool ablation seasons: Implications for global warming // Journal of Hydrology, 2007. Vol. 332. No. 3–4. P. 259–270. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.07.001
33. Vercruyse K., Grabowski R.C., Rickson R.J. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. Earth-Science Reviews, 2017. Vol. 166. P. 38-52. DOI: 10.1016/j.earscirev.2016.12.016

Гидрология

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

Информация об авторах

Анатолий Павлович Лепихин

доктор географических наук, профессор,
главный научный сотрудник, Российский научно-
исследовательский институт комплексного
использования и охраны водных ресурсов,
Камский филиал;
614002, Россия, Пермь, ул. Николая Островского, 113;

заведующий лабораторией проблем гидрологии
суши, Горный институт УрО РАН, Россия;

614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: lepikhin49@mail.ru

Татьяна Петровна Любимова

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий лабораторией вычислительной
гидродинамики,

Институт механики сплошных сред УрО РАН;

614013, Россия, Пермь, ул. Ак. Королева, 1

e-mail: lyubimovat@mail.ru

Андрей Владимирович Богомолов

кандидат технических наук, старший научный
сотрудник лаборатории проблем гидрологии суши,
Горный институт УрО РАН;

614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: whitewing85@mail.ru

Максим Андреевич Опутин

инженер лаборатории проблем гидрологии суши,
Горный институт УрО РАН;

614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: maksimopotka@yandex.ru

Татьяна Николаевна Синцова

ведущий инженер лаборатории проблем
гидрологии суши,

Горный институт УрО РАН;

614007, Россия, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А

e-mail: tanya_sinzova@mail.ru

Information about the authors

Anatoly P. Lepikhin

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Chief Researcher, Russian Research Institute for the
Integrated Use and Protection of Water Resources,
Kama Branch;

113, Nikolaya Ostrovskogo st., Perm, 614002, Russia;

Head of the Laboratory of Land Hydrology Problems,
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences;

78A, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

e-mail: lepikhin49@mail.ru

Tatyana P. Lyubimova

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor, Head of the Laboratory of Computational
Fluid Dynamics, Institute of Continuum Mechanics of
the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Akademika Korolev st., Perm, 614013, Russia

Andrey V. Bogomolov

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher,
Laboratory of Land Hydrology Problems, Mining Institute
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;

78A, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Maksim A. Oputin

Engineer, Laboratory of Land Hydrology Problems,
Mining Institute of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences;

78A, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Tatyana N. Sintsova

Leading Engineer, Laboratory of Land Hydrology
Problems, Mining Institute of the Ural Branch of the
Russian Academy of Sciences;

78A, Sibirskaya st., Perm, 614007, Russia

Вклад авторов

Лепихин Анатолий Павлович – идея исследования, идея статьи, обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Любимова Татьяна Петровна – написание статьи, редактирование статьи.

Богомолов Андрей Владимирович – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Опутин Максим Андреевич – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Синцова Татьяна Николаевна – обработка и анализ полевых данных, написание статьи, редактирование статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

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

Tatyana P. Lyubimova – writing and editing of the article.

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

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

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

The authors declare no conflict of interest.

Метеорология
Калинин Н.А., Ветров А.Л.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551.586

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-83-94

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ИНДЕКСОВ КОМФОРТНОСТИ КЛИМАТА В ПЕРМИ И ГОРОДАХ-МИЛЛИОННИКАХ СИБИРИ В ХОЛОДНЫЙ И ТЕПЛЫЙ ПЕРИОДЫ ГОДА

Николай Александрович Калинин¹, Андрей Леонидович Ветров²

¹ Институт механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, Россия

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

¹ kalinin@psu.ru

² alvetrov@yandex.ru

Аннотация. Погода и климат оказывают большое влияние на различные отрасли экономики, а также определяют самочувствие и работоспособность человека. У метеочувствительных людей резкая перемена погоды может сопровождаться ухудшением самочувствия и обострением хронических заболеваний. Основными метеорологическими показателями комфортности погоды и климата для человека являются температура, влажность и давление воздуха, скорость ветра, атмосферные осадки. Характеристика комфортности дается на основе биоклиматических индексов, которые в физическом отношении определяют особенности тепловой структуры среды, являясь косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека. В работе рассмотрены наиболее распространенные биоклиматические индексы – эффективная температура (ЭТ) и эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ), которые широко используются в России и странах СНГ. Исследование особенностей изменения ЭТ и ЭЭТ в холодный и теплый периоды года в городах-миллионниках Пермь, Омск, Новосибирск и Красноярск за 1991–2020 гг. показало, что по ЭЭТ климат во всех городах более суровый, чем по ЭТ, особенно в холодный период. Это объясняется тем, что при температуре ниже +7 °С любой ветер (даже для одетого человека) является охлаждающим фактором. Максимальные значения ЭТ во все месяцы холодного периода наблюдаются в Перми – самом западном из исследуемых городов-миллионников, где сказывается тепляющее влияние Атлантики. Максимальные значения ЭЭТ в ноябре-январе фиксируются в Перми, в остальные месяцы – в Красноярске, где, во-первых, ветровая нагрузка заметно меньше, чем в Перми, во-вторых, особенно в феврале и марте сказывается наличие полыни в нижнем бьефе Красноярского водохранилища. Изменчивость ЭТ и ЭЭТ в теплый период года более разнообразна, чем в холодный. Как в теплый, так и в холодный периоды отмечается устойчивая тенденция роста положительных аномалий со временем, что свидетельствует об увеличении комфортности климата. Однако в Красноярске в холодный период наблюдается тенденция к уменьшению положительных аномалий, указывающая на снижение комфортности климата.

Ключевые слова: биоклиматические индексы, эффективная температура, эквивалентно-эффективная температура, города-миллионники

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-61-00098.

Для цитирования: Калинин Н.А., Ветров А.Л. Особенности изменений индексов комфортности климата в Перми и городах-миллионниках Сибири в холодный и теплый периоды года // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 83–94. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-83-94

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-83-94

PECULIARITIES OF CHANGES IN CLIMATE COMFORT INDICES IN THE CITY OF PERM AND SIBERIAN CITIES IN COLD AND WARM PERIODS OF THE YEAR

Nikolay A. Kalinin¹, Andrey L. Vetrov²

¹ Institute of Continuous Media Mechanics, UB RAS, Perm, Russia

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

¹ kalinin@psu.ru

² alvetrov@yandex.ru

Abstract. Weather and climate have a great impact on various sectors of the economy, as well as on human well-being and performance. In weather-sensitive people, a sudden change in weather can be accompanied by a deterioration in their general condition and exacerbation of chronic diseases. The main meteorological indicators of weather and climate comfort for humans are temperature, humidity and air pressure, wind speed, precipitation. Comfort is characterized through bioclimatic indices, which physically describe the features of the thermal structure of the environment, being an indirect indicator of the state of the thermal field surrounding a



Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

person. The paper deals with the most widespread bioclimatic indices – effective temperature (ET) and equivalent effective temperature (EET), which are widely used in Russia and CIS countries. The study of the peculiarities of changes in ET and EET in cold and warm periods of the year in the cities of Perm, Omsk, Novosibirsk, and Krasnoyarsk, all having over a million inhabitants, for 1991–2020 showed that according to EET the climate in all the cities is more severe than according to ET, especially in the cold period. This is explained by the fact that at temperatures below +7°C, any wind (even for a fully clothed person) is a cooling factor. The maximum values of ET in all months of the cold period are observed in Perm, the westernmost of the studied cities, where the warming influence of the Atlantic has an effect. The maximum values of EET in November–January are recorded in Perm, in other months – in Krasnoyarsk, where, firstly, the wind load is noticeably less than in Perm, and secondly, the presence of a polynya in the lower reach of the Krasnoyarsk Reservoir has an impact, especially in February and March. The variability of ET and EET in the warm period of the year is more diverse than in the cold period. In both warm and cold periods, there is a stable tendency for positive anomalies to increase with time, indicating an increase in climate comfort. However, in Krasnoyarsk, in the cold period, there is a tendency for a decrease in positive anomalies, indicating a decline in climate comfort.

Keywords: bioclimatic indices, effective temperature, equivalent effective temperature, million cities

Funding. The study was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 22-61-00098.

For citation: Kalinin, N.A., Vetrov, A.L. (2024). Peculiarities of changes in climate comfort indices in the city of Perm and Siberian cities in cold and warm periods of the year. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 83–94. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-83-94

Введение

Погода и климат оказывают большое влияние на различные отрасли экономики, а также определяют самочувствие и работоспособность человека [7; 12; 14; 17; 18; 20; 27; 28]. Адаптация здорового организма к изменчивости метеорологических величин в пространстве и во времени происходит автоматически и незаметно. Однако у метеочувствительных людей резкая перемена погоды может сопровождаться ухудшением самочувствия и, как следствие, обострением хронических заболеваний [1; 3; 4; 9; 24–26; 30; 31].

Основными метеорологическими показателями комфортности погоды и климата для человека являются температура и влажность воздуха, скорость ветра, атмосферные осадки и давление. Характеристика комфортности дается на основе специальных параметров – биоклиматических индексов, которые в физическом отношении характеризуют особенности тепловой структуры среды и являются косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека [14]. В данной работе рассмотрены наиболее распространенные биоклиматические индексы, такие как эффективная температура (*ЭТ*) и эквивалентно-эффективная температура (*ЭЭТ*), которые широко используются в России и странах СНГ [2; 8; 10; 11; 13; 15; 19; 21–23; 29; 32; 34].

Цель данной статьи заключается в рассмотрении особенностей изменения *ЭТ* и *ЭЭТ* в холодный (ноябрь, декабрь, январь, февраль, март) и теплый (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь) периоды в Перми и городах-миллионниках Сибири за 1991–2020 гг. Критерием разделения года на холодный и теплый периоды стала многолетняя среднемесячная температура воздуха: в месяцы холодного периода во всех исследуемых городах она отрицательная, а в месяцы теплого периода – положительная. Представленное исследование является логическим продолжением предыдущей работы авторов [16], в которой рассчитаны среднемесячные величины *ЭТ*, *ЭЭТ* и индекса Бодмана, а также проанализированы результаты изменчивости временного хода среднегодовых значений *ЭТ* и *ЭЭТ* за период 1991–2020 гг. В связи с тем, что индекс Бодмана по определению рассчитывается за холодный период, и особенности динамики его изменения по отдельным десятилетиям (1991–2000, 2001–2010 и 2011–2020 гг.) также уже были освещены в упоминаемой работе [16], вторично эта информация в данной статье не приводится.

Анализ изменений *ЭТ* и *ЭЭТ* во времени является достаточно репрезентативной характеристикой изменений степени комфортности климата и погодных условий в данных городах-миллионниках в период современного потепления климата. Выбранные города имеют важную общую физико-географическую особенность – наличие крупной реки. Реки в Перми, Новосибирске и Красноярске находятся под регулирующим воздействием плотин гидроэлектростанций, что формирует зимнюю полынью в нижнем бьефе. Только в Омске р. Иртыш не перегорожена плотиной.

Районирование территории России по степени комфорта/дискомфорта окружающей среды показало, что Пермь, Омск, Новосибирск и Красноярск по природным условиям жизни населения находятся в разных зонах – от «благоприятной» (Омск) и «условно благоприятной» (Пермь) до «условно неблагоприятной» (Красноярск и Новосибирск) [6], поэтому данный анализ позволяет сравнить скорость изменения степени комфортности в исследуемых городах, находящихся в разных зонах.

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

Материалы и методы исследований

В качестве исходной информации использовались срочные и среднесуточные данные по температуре воздуха, относительной влажности и скорости ветра на метеорологических станциях Пермь, Омск, Новосибирск (Огурцово) и Красноярск (опытное поле) Росгидромета с информационного ресурса ВНИИГМИ-МЦД за 1991–2020 гг. [33].

Метеостанция Пермь находится в Уфимско-Сылвенской провинции лесной области Русской равнины. Местность представляет собой возвышенную волнисто-вогнутую равнину со средними высотами 100–200 м, а особенностью рельефа является сильная расчлененность речной сетью. Метеоплощадка расположена на высоте 171 м над уровнем моря на левом берегу р. Камы восточной окраины г. Перми. Расстояние от метеостанции Пермь до р. Камы составляет 5,3 км.

Метеостанция Омск находится на северной окраине города в 3 км от р. Иртыш на высоте 122 м над уровнем моря на равнинной местности в окружении распаханых полей.

Метеостанция Новосибирск (Огурцово) расположена на юго-западной окраине Новосибирска в равнинной местности на высоте 131 м над уровнем моря при удаленности от р. Обь на расстоянии 4,5 км.

Метеостанция Красноярск (опытное поле) находится в центре поселка плодово-ягодной станции, в 8 км к западу от г. Красноярска, в лесостепной зоне, в крупнохолмистой, сильно пересеченной местности. Метеоплощадка расположена на высоте 277 м над уровнем моря на левом берегу р. Енисей. Расстояние от метеостанции Красноярск (опытное поле) до р. Енисей составляет 6 км.

Все станции входят в состав реперной климатической сети Росгидромета.

Приведем основные сведения по выбранным биоклиматическим индексам.

1. Эффективная температура ($ЭТ$), которая характеризует эффект воздействия на человека температуры и влажности воздуха.

Модель эффективной температуры объединяет физиологические факторы тела и кожного покрова, физические особенности одежды и воздушного слоя, находящегося в непосредственной близости к телу, а также метеорологические факторы окружающей среды. Сопrotивляемость организма окружающей среде зависит от физических особенностей человека, поэтому модель разработана для «среднего» человека, т.е. взрослого человека средней комплекции, одетого по погоде и идущего в тени. Понятие $ЭТ$ впервые было введено А. Миссенардом и рассчитывается по следующей формуле [35]:

$$ЭТ = t - 0,4(t - 10)(1 - f/100), \quad (1)$$

где t – температура воздуха; °С; f – относительная влажность воздуха, %.

Из формулы (1) следует, что при температуре воздуха ниже 10 °С сухой воздух кажется теплее, чем влажный, а при температуре выше 10 °С, наоборот, холоднее.

Эффективная температура получила широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, а также комфортности (дискомфортности) окружающей среды. Категории тепловых нагрузок и теплоощущения оцениваются по $ЭТ$ в зависимости от сезона года [14]. Для широтной зоны, в которой находятся Пермь, Омск, Новосибирск и Красноярск, градации комфорта можно определить из табл. 1–2 [28].

Таблица 1

Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для холодного сезона по $ЭТ$
Categories of heat loads and heat sensation for the cold season by ET

Характеристика	$ЭТ, °С$		
	≤ -21	$-20 \dots -11$	$-10 \dots 0$
Теплоощущение	крайне холодно	очень холодно	холодно
Тепловая нагрузка	очень сильная	сильная	умеренная

Таблица 2

Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для теплого сезона по $ЭТ$
Categories of heat loads and heat sensation for the cold season by ET

Характеристика	$ЭТ, °С$			
	$0 \dots 17$	$18 \dots 24$	$25 \dots 30$	≥ 31
Теплоощущение	прохладно	тепло	жарко	очень жарко
Тепловая нагрузка	очень слабая	слабая	умеренная	сильная

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

2. Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) является более полной биоклиматической характеристикой по сравнению с ЭТ, поскольку учитывает влияние ветра. В подвижном воздухе усиливается теплоотдача с поверхности тела, поэтому изменяется и теплоощущение. При этом возможны самые разные сочетания температуры и относительной влажности воздуха, а также ветра, при которых степень теплоощущения будет одинакова и соответствовать теплоощущениям в случае насыщенного водяного пара ($f = 100\%$) и отсутствии ветра ($V = 0$) [14].

В данной работе для расчета ЭЭТ использовалась формула А. Миссенарда [35]:

$$ЭЭТ = 37 - \frac{37-t}{0,68-0,0014f+\frac{1}{1,76+1,4V^{0,75}}} - 0,29t(1-f/100), \quad (2)$$

где t – температура воздуха; °С; f – относительная влажность воздуха; %; V – скорость ветра, м/с.

Для широтной зоны, в которой находятся исследуемые города, градации комфорта по значениям ЭЭТ можно определить из табл. 3–4 [28].

Таблица 3

Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для холодного сезона по ЭЭТ
Categories of heat loads and heat sensation for the cold season by EET

Характеристика	ЭЭТ, °С		
	≤ -22	-21...-12	-11...0
Теплоощущение	крайне холодно	очень холодно	холодно
Тепловая нагрузка	очень сильная	сильная	умеренная

Таблица 4

Категории тепловых нагрузок и теплоощущения для теплого сезона по ЭЭТ
Categories of heat loads and heat sensation for the cold season by EET

Характеристика	ЭЭТ, °С			
	0...16	17...23	24...29	≥30
Теплоощущение	прохладно	тепло	жарко	очень жарко
Тепловая нагрузка	очень слабая	слабая	умеренная	сильная

Для полного анализа динамики изменения ЭТ и ЭЭТ были рассчитаны аномалии среднесуточных биоклиматических индексов в городах Пермь, Омск, Новосибирск и Красноярск. Они вычислялись как отклонения среднесуточных значений за каждый день месяца (T_i) от осредненного среднесуточного значения (T_{cp}), вычисленного за весь исследуемый период 1991–2020 гг.

Результаты и обсуждение

Приведенные ниже результаты по расчету биоклиматических индексов представляют собой значения ЭТ и ЭЭТ, полученные путем осреднения их среднесуточных величин и соответствующих аномалий в целом за холодный и теплый периоды года.

Холодный период. В холодный период года наибольшая повторяемость дней с тепловыми ощущениями человека по ЭТ во всех городах находится в градации «холодно», т.е. $-10...0$ °С. При этом в Омске, Новосибирске и Красноярске количество таких дней в среднем за холодный период примерно одинаково (79–82), а в Перми повторяемость дней с холодной погодой выше, чем в других городах и составляет 94 дня. Также следует выделить такие месяцы, как январь и февраль в Омске и январь в Новосибирске, где теплоощущение находится преимущественно в градации «очень холодно».

Дни с тепловым ощущением «крайне холодно» (<-21 °С) встречаются достаточно редко – в 1–6 % случаев во все месяцы холодного периода, за исключением марта. Кроме того, в ноябре в Перми, в отличие от других городов, крайне холодная погода не наблюдается. Очевидно, что данный месяц в Перми, городе, находящемся среди рассматриваемых максимально западнее, «смягчается» циклонами, поступающими сюда из районов Атлантики, что подтверждается и увеличением дней с крайне холодной погодой с запада на восток. Число дней с прохладной погодой ($0...17$ °С) в такие месяцы, как ноябрь и март, не превышает 1 %. Теплоощущения в градации «очень холодно» и «холодно» отмечаются в течение всех месяцев холодного периода и составляют 22–34 и 9–14 % соответственно.

В отличие от ЭТ, холодный период по ЭЭТ более суровый. Необходимо отметить, что холодный период в Перми и Красноярске очень похож между собой так же, как и в другой паре – между Омском и Новосибирском. Так, наибольшая повторяемость дней с тепловыми ощущениями человека по ЭЭТ в Перми и Красноярске находится в градации «очень холодно» (48–45 %), а в Омске и Новосибирске наибольшая повторяемость дней оценивается как «крайне холодно» (49–53 %). При этом повторяемость

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

дней с погодой «крайне холодно» в Перми и Красноярске составляет 34 и 31 % соответственно. В Омске и Новосибирске теплоощущения в градации «очень холодно» встречается в 37–38 % (56–57 дней), а дней с холодной погодой ($-11...0$ °C) встречается достаточно мало – 9–23 % случаев. Очень редко во всех городах повторяется теплоощущение человека в градации «прохладно» ($0...16$ °C) – всего 1 % случаев, что вполне объяснимо, так как речь идет все же о холодном периоде года. В основном такие дни отмечаются в ноябре и марте, но в одном случае это произошло 26 февраля 2016 г. в Красноярске.

Как показано нами ранее [16], по средним многолетним значениям минимальные величины ЭТ в Новосибирске наблюдаются в январе и марте, причем в январе такой же уровень данного индекса отмечается в Омске. Кроме того, в ноябре так же, как и в марте, одинаковые минимальные значения ЭТ отмечаются в двух городах – Омске и Красноярске. В Омске также в декабре и феврале фиксируются минимальные значения ЭТ по сравнению с другими городами. Максимальные значения ЭТ во все месяцы холодного периода наблюдаются в Перми – самом западном из исследуемых городе-миллионнике, где сказывается обогревающее влияние Атлантики. Максимальные значения ЭЭТ в ноябре, декабре и январе фиксируются в Перми, в остальные месяцы – в Красноярске, где, во-первых, ветровая нагрузка заметно меньше, чем в Перми, во-вторых, особенно в феврале и марте сказывается наличие полыни в нижнем бьефе Красноярского водохранилища [5]. Минимальные значения ЭЭТ во все месяцы холодного периода отмечаются в Новосибирске.

Далее рассмотрим изменения биоклиматических индексов по десятилетиям, обозначив их соответственно, как первое (1991–2000 гг.), второе (2001–2010 гг.) и третье (2011–2020 гг.). Согласно рис. 1, с первого по второе десятилетие по ЭТ во всех городах отмечается увеличение комфортности климата в ноябре и марте, а также в январе в Перми ($+0,6$ °C). Также в ноябре наблюдается увеличение комфортности с востока на запад: Красноярск ($+1,2$ °C), Новосибирск ($+2,4$ °C), Омск ($+2,9$ °C), Пермь ($+2,9$ °C). В марте наибольшее увеличение комфортности наблюдается в Омске ($+2,8$ °C). Рост ЭТ в остальных городах скромнее – в Перми $+0,8$ °C, в Новосибирске $+2,2$ °C, в Красноярске $+1,1$ °C. В остальные месяцы отмечается снижение комфортности. При этом в Перми наблюдается наименьшее снижение комфортности ($-0,3...-0,6$ °C), но по мере продвижения на восток это снижение увеличивается – в Омске до $-0,5...-1,4$ °C, в Новосибирске до $-1,5...-2,2$ °C, в Красноярске до $-1,4...-3,1$ °C.

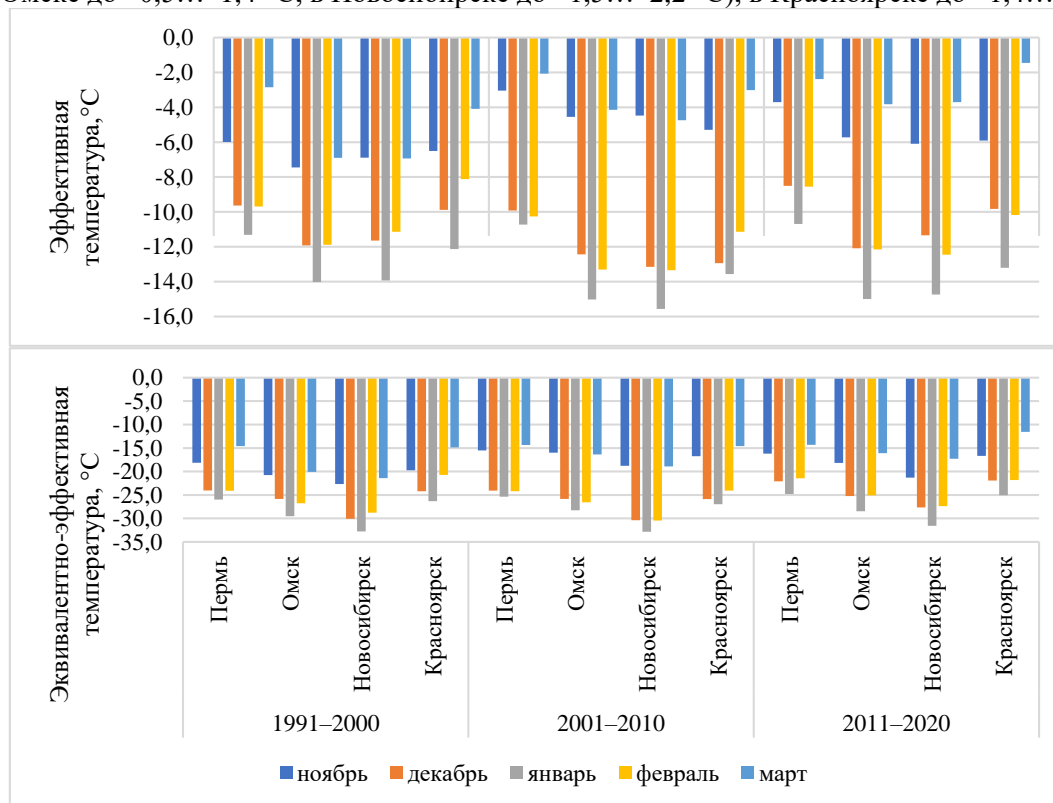


Рис. 1. Изменение ЭТ (вверху) и ЭЭТ (внизу) в месяцы холодного полугодия по десятилетиям
Fig. 1. Change of ET (top) and EET (bottom) in the months of the cold half-year by decade

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

Со второго по третье десятилетие отмечается устойчивое увеличение комфортности климата в марте в Омске (+0,3 °С), Новосибирске (+1,0 °С) и Красноярске (+1,6 °С). В Перми в марте наблюдается снижение комфортности на -0,3 °С, а в январе ЭТ за последнее десятилетие она не изменилась так же, как и в Омске. Необходимо отметить, что в те месяцы, где с первого десятилетия по второе отмечается уменьшение комфортности (декабрь, январь, февраль), теперь с последним десятилетием наблюдается увеличение: Пермь (+1,4...+1,7 °С), Омск (+0,3...+1,2 °С), Новосибирск (+0,8...+1,8 °С), Красноярск (+0,4...+3,1 °С).

По ЭЭТ с первого по второе и со второго по третье десятилетие наблюдается устойчивое увеличение комфортности климата в ноябре в Красноярске (+3,0...+0,1 °С), в январе в Перми (+0,6...+0,6 °С), в феврале в Омске (+0,2...+1,4 °С) и в марте во всех городах (рис. 1). Также увеличение комфортности климата с первого по второе десятилетие наблюдается в ноябре во всех городах (+2,6...+4,8 °С) и в январе в Омске (+1,3 °С), а снижение климата за данные десятилетия – в декабре и феврале в Новосибирске (-0,3 и -1,6 °С), в декабре, январе и феврале в Красноярске (-1,7, -0,7 и -3,4 °С), а также в феврале в Перми (-0,1 °С). Значение ЭЭТ не изменилось с первого по второе десятилетие в декабре в Перми и Омске, в январе в Новосибирске. Со второго по третье десятилетие увеличение комфортности климата отмечается в декабре, январе и феврале в Новосибирске (+2,7, +1,2 и +3,0 °С) и Красноярске (+4,0, +1,9 и +2,3 °С), а также в феврале в Перми (+2,8 °С). Снижение комфортности за последние два десятилетия наблюдается в ноябре в Перми (-0,7 °С), Омске (-2,2 °С) и Новосибирске (-2,5 °С) и в январе в Омске (-0,3 °С).

Для более полного анализа динамики биоклиматических индексов также были рассмотрены их аномалии за холодный период (рис. 2). Ежегодные аномалии ЭТ и ЭЭТ за данный период рассчитывались как алгебраическая сумма ежесуточных аномалий.

В среднем за весь рассматриваемый период 1991–2020 гг. наблюдается тенденция на увеличение положительных аномалий по данным индексам во всех городах, кроме ЭТ в Красноярске, где происходит смена знака с положительного к отрицательному, что указывает на снижение комфортности климата в данном городе.

Теплый период. В данный период года наибольшая повторяемость дней с тепловыми ощущениями человека по ЭТ в апреле и октябре во всех городах находится в пределах 0...17 °С. Количество дней с тепловыми ощущениями «прохладно» составляет 8–10, а «холодно» – 3–8. Еще меньше в этих месяцах отмечается дней с градацией «тепло» (18...24 °С) – 1–3 дня.

В сентябре распределение дней по градациям тепловых ощущений примерно одинаково между городами, однако в мае такое распределение схоже только между Пермью и Красноярском. Также в мае в Новосибирске погода по тепловым ощущениям менее комфортна по сравнению с остальными городами, а в Омске, наоборот, наиболее комфортна. При этом в Новосибирске в мае еще отмечаются дни с холодной погодой (4 дня) (табл. 1).

В июне и августе наибольшая повторяемость (15–20 дней) ЭТ во всех городах приходится на температурный интервал 12...18 °С, находящийся в пограничной зоне между тепловыми ощущениями «прохладно» и «тепло», а в июле (14–18 дней) – на интервал 18...24 °С, что соответствует градации «тепло» (табл. 2). В июле и августе во всех городах и в июне в Перми и Омске очень редко отмечаются дни с тепловым ощущением «жарко» – 1 %.

По ЭЭТ погода во всех городах менее комфортная, так же, как и в холодную половину года. В апреле и октябре наибольшая повторяемость дней (16–21) относится к градации «холодно». Крайне редко отмечаются дни с очень холодной погодой – 1 %. В остальные месяцы наибольшая повторяемость дней по ЭЭТ отмечается в градации «прохладно» – 69–81 %.

Как показано нами ранее [16], по средним многолетним значениям ЭТ наибольшие значения фиксируются в апреле, мае, июне, сентябре и октябре в Омске, а в июле – в Новосибирске. Кроме того, максимальные значения по данному индексу одинаковы между Омском и Новосибирском. Минимальные значения отмечаются в Перми с июля по август, а в остальные месяцы – в Красноярске. Максимальные значения ЭЭТ во все месяцы теплого периода наблюдаются в Омске, кроме июля, где максимальное значение отмечается в Красноярске. Минимальные значения в апреле и октябре фиксируются в Новосибирске, в мае и сентябре – в Красноярске, а в остальные месяцы (с июня по август) в Перми.

Метеорология
Калинин Н.А., Ветров А.Л.

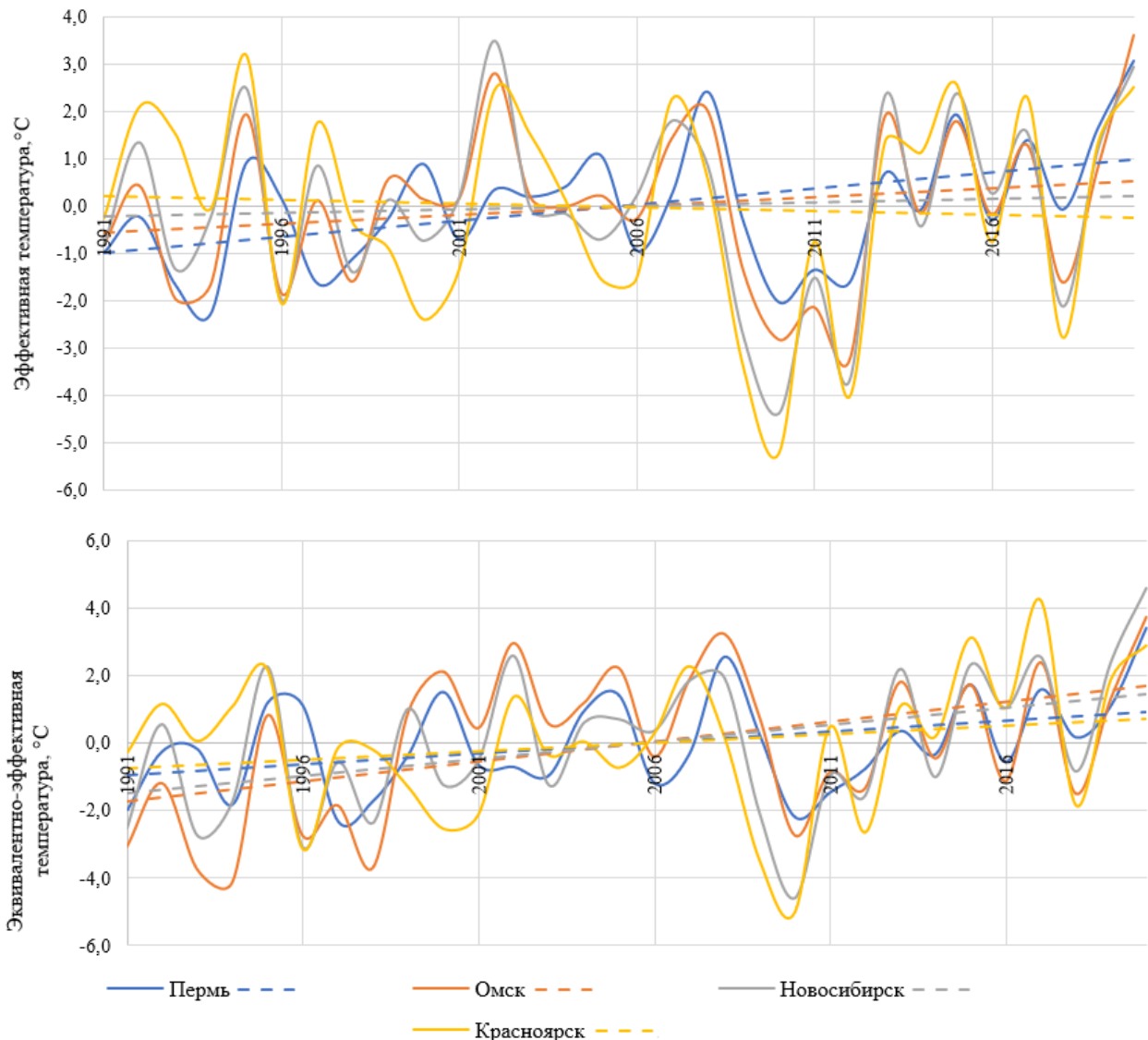


Рис. 2. Временной ход аномалий ЭТ (вверху) и ЭЭТ (внизу) в холодный период года.
Сплошные линии – ежегодные значения аномалий, пунктирные линии – их линейная аппроксимация
Fig. 2. Time course of ET (top) and EET (bottom) anomalies in the cold period of the year.
Solid lines — annual values of anomalies, dotted lines — their linear approximation

При рассмотрении изменения климата на основе ЭТ по десятилетиям (рис. 3) можно отметить, что с первого по второе десятилетие отмечается увеличение комфортности климата в мае и сентябре во всех городах (+0,3...+1,4 °C), в апреле в Красноярске (+0,1 °C), в мае в Перми (+1,5 °C) и Омске (+0,4 °C), в июне в Омске (+0,6 °C), Новосибирске (+0,8 °C) и Красноярске (+1,6 °C), в июле в Перми (+0,7 °C), а также в октябре в Новосибирске (+0,1 °C). Снижение комфортности климата наблюдается в Перми в такие месяцы, как апрель (-0,3 °C), июнь (-1,1 °C) и октябрь (-0,2 °C), в Омске в апреле (-0,1 °C), июле (-0,7 °C) и октябре (-0,2 °C), в Новосибирске в июле (-1,0 °C) и августе (-0,2 °C), в Красноярске в июле (-0,4 °C), августе (-0,4 °C) и октябре (-0,1 °C).

Со второго по третье десятилетие отмечается увеличение комфортности по ЭТ в августе в Омске (+0,5 °C), Новосибирске (+0,6 °C) и Красноярске (+1,1 °C), в июле (+0,1...+0,6 °C) и апреле (+0,4...+2,8 °C) во всех городах, а также в июне в Омске и Новосибирске, где изменение составило +0,4 °C в обоих городах. В сентябре в Омске, в августе в Перми и в июле в Красноярске за последние два десятилетия значения ЭТ не изменились (рис. 3).

Метеорология
Калинин Н.А., Ветров А.Л.

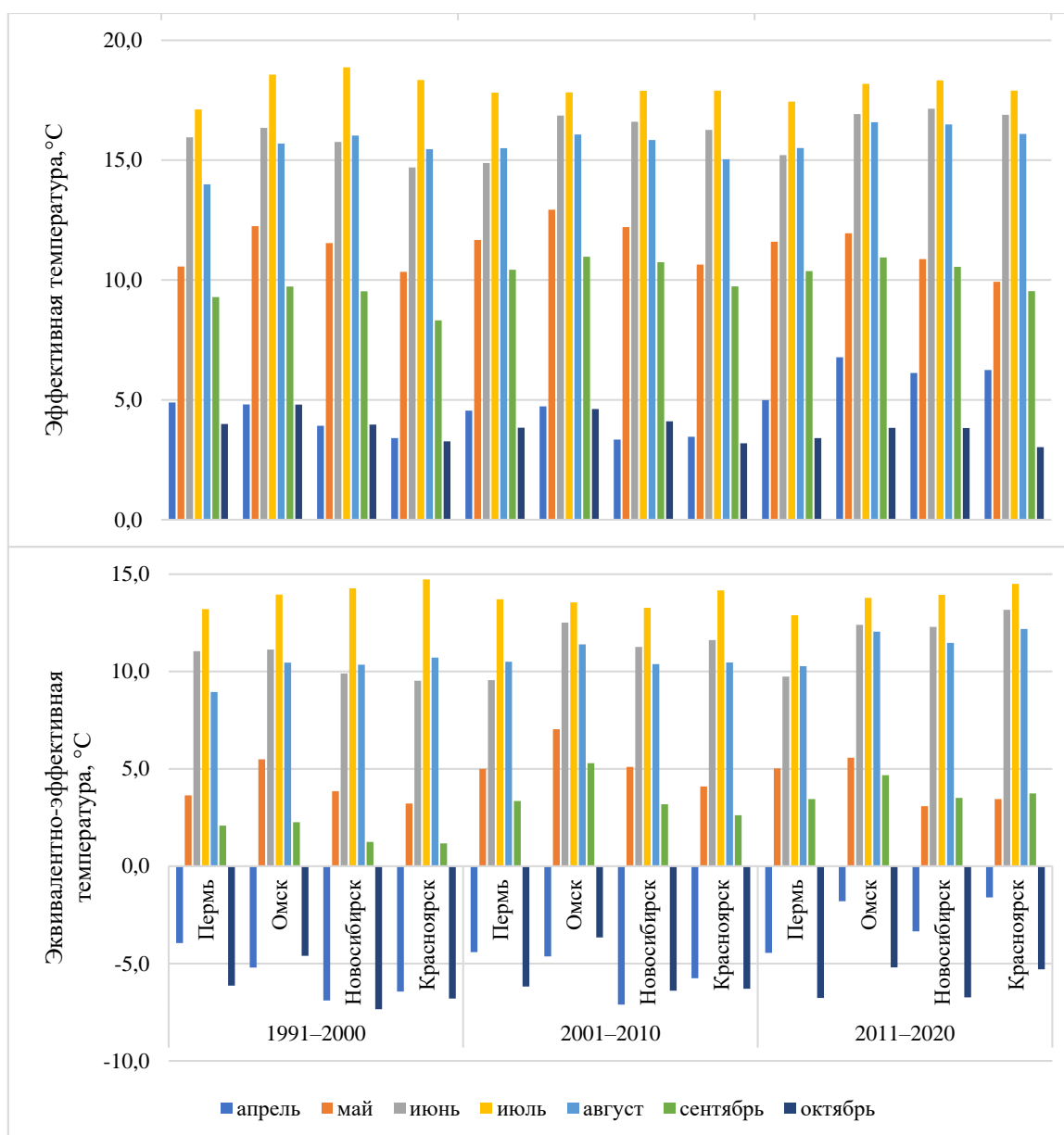


Рис. 3. Изменение ЭТ (вверху) и ЭЭТ (внизу) в месяцы теплого полугодия по десятилетиям
Fig. 3. Change of ET (top) and EET (bottom) in the months of the warm half-year by decade

По многолетним значениям ЭЭТ с первого по второе и со второго по третье десятилетие наблюдается устойчивое увеличение комфортности климата в Перми в сентябре (+1,3 и +0,1 °C), в Омске в апреле (+0,6 и +2,8 °C) и августе (+0,9 и 0,7 °C), в Новосибирске в июне (+1,4 и +1,0 °C) и сентябре (+1,9 и +0,3 °C), в Красноярске в июне (+2,1 и +1,6 °C) и сентябре (+1,4 и 1,1 °C). Также в октябре в Перми отмечается устойчивое снижение комфортности климата (-0,1 и -0,6 °C).

Так же, как и в случае холодного периода, для более полного анализа динамики биоклиматических индексов были рассмотрены их аномалии за теплый период (рис. 4). Ежегодные аномалии ЭТ и ЭЭТ за данный период также рассчитывались как алгебраическая сумма ежесуточных аномалий.

В теплый период с 1991 по 2020 г. по ЭТ и ЭЭТ отмечается тенденция роста положительных аномалий, что свидетельствует о повышении комфортности климата (рис. 4). Однако стоит отметить, что по ЭЭТ в Перми наблюдается слабый рост положительных аномалий, вследствие чего можно сделать вывод о более медленном увеличении комфортности климата, чем в других городах.

Метеорология
Калинин Н.А., Ветров А.Л.

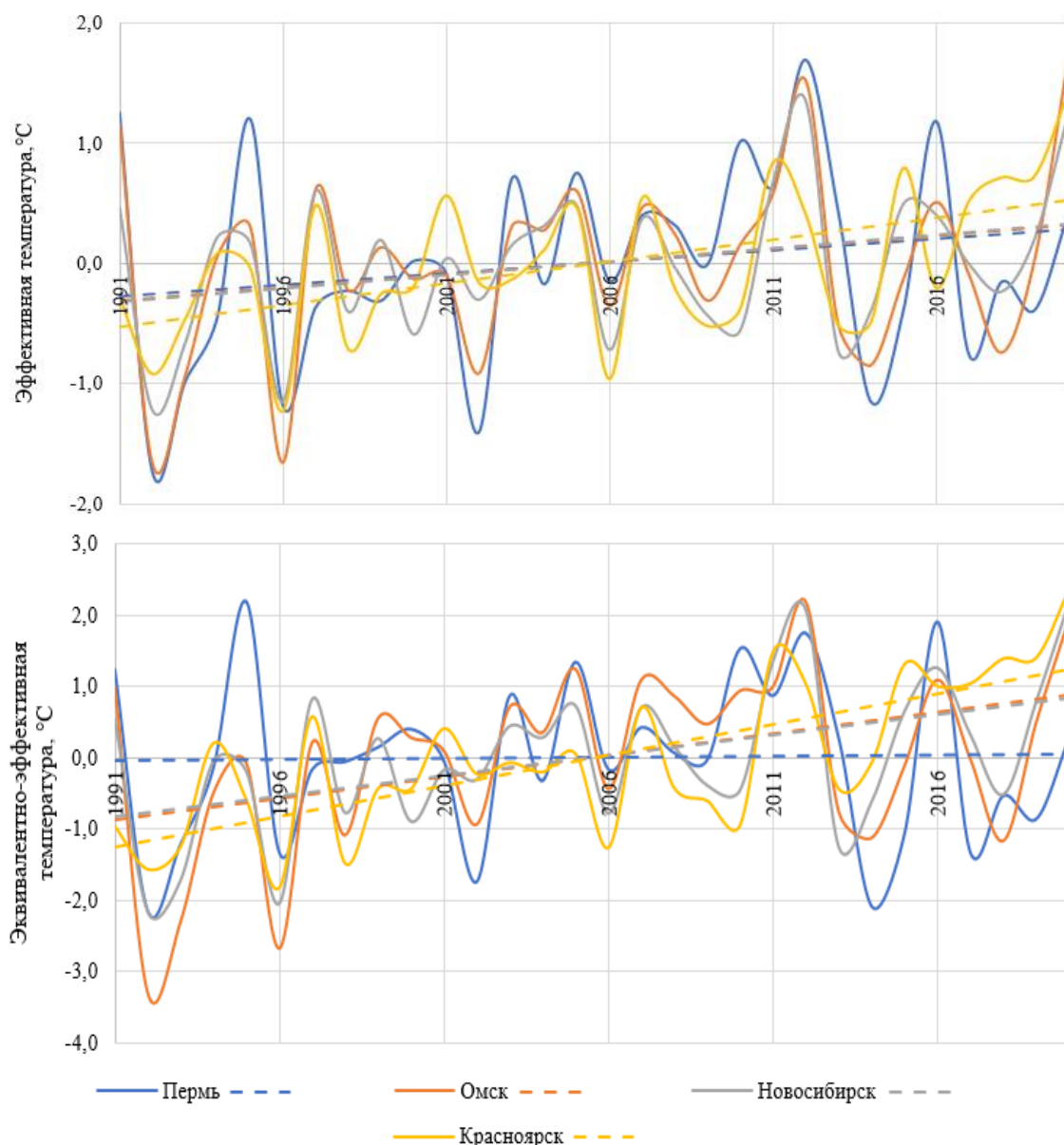


Рис. 4. Временной ход аномалий ЭТ (вверху) и ЭЭТ (внизу) в теплый период года. Сплошные линии – ежегодные значения аномалий, пунктирные линии – их линейная аппроксимация

Fig. 4. Time course of ET (top) and EET (bottom) anomalies in the warm period of the year.

Solid lines — annual values of anomalies, dotted lines — their linear approximation.

Заключение

В результате проведенного исследования биоклиматических индексов, таких как эффективная температура и эквивалентно-эффективная температура, в городах-миллионниках Перми, Омске, Новосибирске и Красноярске за 1991–2020 гг. можно сделать следующие выводы:

1. По ЭЭТ климат во всех городах более суровый, чем по ЭТ, особенно в холодный период года. Это объясняется тем, что при температуре ниже $+7^{\circ}\text{C}$ любой ветер (даже для одетого человека) является охлаждающим фактором.

2. Максимальные значения ЭТ во все месяцы холодного периода наблюдаются в Перми – самом западном из исследуемых городов-миллионников, где сказывается тепляющее влияние Атлантики. Максимальные значения ЭЭТ в ноябре, декабре и январе фиксируются в Перми, в остальные месяцы – в Красноярске, где, во-первых, ветровая нагрузка заметно меньше, чем в Перми, во-вторых, особенно

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

в феврале и марте сказывается наличие полыньи в нижнем бьефе Красноярского водохранилища. Минимальные значения ЭЭТ во все месяцы холодного периода отмечаются в Новосибирске.

3. Изменчивость ЭТ и ЭЭТ в теплый период года более разнообразна, чем в холодный. В частности, наибольшие значения ЭТ фиксируются в апреле, мае, июне, сентябре и октябре в Омске, а в июле – в Новосибирске. Кроме того, максимальные значения по данному индексу одинаковы между городами Омск и Новосибирск. Минимальные значения отмечаются в Перми с июля по август, а в остальные месяцы – в Красноярске. Максимальные значения ЭЭТ во все месяцы теплого периода наблюдаются в Омске, кроме июля, где максимальное значение отмечается в Красноярске. Минимальные значения в апреле и октябре фиксируются в Новосибирске, в мае и сентябре – в Красноярске, а в остальные месяцы (с июня по август) – в Перми.

4. Наибольшие значения аномалий ЭТ и ЭЭТ наблюдаются в холодный период года. Как в теплый, так и в холодный периоды отмечается устойчивая тенденция роста положительных аномалий со временем, что свидетельствует об увеличении комфортности климата. Однако в Красноярске в холодный период отмечается тенденция на уменьшение положительных аномалий, что указывает на снижение комфортности климата.

Библиографический список

1. Андреев С.С. Человек и окружающая среда. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2005. 272 с.
2. Андрияшин И.Б., Вальцева Е.А., Мешков Н.А. Оценка общей комфортности климата на территории Поволжья, республики Алтай и республики Хакасии // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 11. С. 1212–1215.
3. Арнольди И.А. Акклиматизация человека на Севере и Юге. М.: Медгиз, 1962. 71 с.
4. Бокша В.Г., Богучкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия. Киев: Здоровья, 1980. 262 с.
5. Бураков Д.А., Ковшова Е.П., Ромасько В.Ю. Прогноз элементов ледового режима р. Енисей в осенне-зимний период в нижних бьефах высоконапорных ГЭС // Метеорология и гидрология. 2008. № 5. С. 93–102.
6. Виноградова В.В., Золотокрылин А.Н., Кренке А.Н. Районирование территории Российской Федерации по природно-климатическим условиям // Известия РАН. Серия географическая. 2008. № 5. С. 106–117.
7. Виноградова В.В. Воздействие климатических условий на человека в засушливых землях Европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 2. С. 68–81.
8. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. СПб: РГГМУ, 1998. 93 с.
9. Григорьева Е.А., Христофорова Н.К. Дискомфортность климата Еврейской автономной области // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 101–104.
10. Добрынина И.В., Акимов Л.М., Куропан С.А. Медико-географическая оценка климатической комфортности территории Воронежской области // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2013. № 1. С. 120–128.
11. Емелина С.В., Константинов П.Н., Малинина Е.П., Рубинштейн К.Г. Оценка информативности некоторых биометеорологических индексов для разных районов России // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 25–37.
12. Ермакова Л.Н., Ермакова Е.С. Влияние метеорологических условий на самочувствие человека // Географический вестник. 2012. № 2 (21). С. 45–52.
13. Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Филиппова А.П., Шкляева Л.С. Биоклиматическая оценка ландшафтных областей Пермского края и условий формирования микроклиматических особенностей // Географический вестник. 2016. № 4 (39). С. 70–83.
14. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 458 с.
15. Исаева М.В., Переведенцев Ю.П. Особенности биоклиматических условий Приволжского федерального округа // Географический вестник. 2010. № 2 (13). С. 29–37.
16. Калинин Н.А., Ветров А.Л. Индексы комфортности климата в Перми и городах-миллионниках Сибири за 1991–2020 гг. // Геосферные исследования. 2023. № 4. С. 132–142.
17. Калинин Н.А., Ермакова Л.Н., Аликина И.Я. Особенности формирования высокой температуры воздуха в сентябре-октябре 2003 г. на Среднем и Южном Урале // Метеорология и гидрология. 2005. № 5. С. 82–89.
18. Калинин Н.А., Кислов А.В., Бабина Е.Д., Ветров А.Л. Оценка качества воспроизведения моделью MM5 температуры воздуха в июле на Урале // Метеорология и гидрология. 2010. № 10. С. 15–22.
19. Кузякина М.В., Гура Д.А. Оценка биоклиматических условий Краснодарского края с применением ГИС-технологий // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 3 (56). С. 66–76.
20. Логинов В.Ф., Хитриков М.А. Изменения биоклиматических индексов комфортности климата для человека на территории Беларуси за период с 1966 по 2020 гг. // Гидрометеорология и образование. 2021. № 4. С. 6–19.
21. Парфенова Е.Е., Переведенцев Ю.П. Особенности биоклимата г. Ульяновска в начале XXI века // Географический вестник. 2022. № 2 (61). С. 61–72.
22. Переведенцев Ю.П., Шумихина А.В. Динамика биоклиматических показателей комфортности природной среды в Удмуртской республике // Ученые записки казанского университета. Серия Естественных наук. 2016. Т. 158, кн. 4. С. 531–547.
23. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Нарутдинов Д.А., Разгулин С.А., Потехина Н.Н., Непряхин Д.В. Оценка биоклиматических индексов на территориях субарктического и континентального климатических поясов Красноярского края. Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 3. С. 288–293.
24. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 86 с.
25. Севастьянов В.В., Горбатенко В.П., Журавлев Г.Г., Константинова Д.А., Нечепуренко О.Е., Носырева О.В. Природно-климатическая дифференциация Западной Сибири по условиям жизнедеятельности человека в холодный период года:

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, посвященной 415-летию города Томска. 2019. С. 199–203.

26. Севастьянов В.В., Сапьян Е.С., Филандышева Л.Б. Биоклиматические ресурсы рекреационного природопользования Алтае-Саянской горной страны в летний период // Геосферные исследования. 2020. № 3. С. 109–122.

27. Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. 260 с.

28. Ткачук С.В. Обзор индексов степени комфортности погодных условий и их связь с показателями смертности // Труды Гидрометцентра РФ. Гидрометеорологические прогнозы. 2012. Вып. 347. С. 223–245.

29. Трубина М.А., Хассо Л.А., Дячко Ж.К. Методы биоклиматической оценки Северо-Западного региона России // Ученые записки РГМУ. 2010. № 13. С. 121–137.

30. Худалова Ф.К. Оценка биоклиматических индексов и их связь с кардиоваскулярной патологией // Кубанский научный медицинский вестник. 2014. № 1. С. 173–176.

31. Шартова Н.В., Шапошников Д.А., Константинов П.И., Ревич Б.А. Биоклиматический подход к оценке смертности населения во время аномальной жары на примере юга России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018. № 6. С. 47–55.

32. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Исследование микроклимата города с целью оценки биометеорологических показателей селитебной территории // Географический вестник. 2010. № 3 (14). С. 52–59.

33. AISORI-M.METEO.RU – профессиональный интернет-портал метеорологических данных URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения: 14.07.2023).

34. Meshkova V. Current approaches to studying the level of pedestrian comfort in urban development / Meshkova V., Dekterev A., Litvintsev K., Filimonov S. // E3S Web of Conferences 435, (2023) 05004.

35. Missenard A. L'Homme et le climat // Paris: Plon, 1937. 186 p.

References

- Andreev S.S. (2005), Man and the environment. Rostov-on-Don, Russia, 272 p.
- Andryushin I.B., Valtseva E.A., Meshkov N.A. (2019), Assessment of overall climate comfort in the Volga region, the Altai Republic and the Republic of Khakas-sia // *Gigiena i sanitariya*, vol. 98, no. 11, pp. 1212–1215.
- Arnoldi, I.A. (1962), Human acclimatization in the North and South]. Moscow, Russia, 71 p.
- Boksha, V.G., Bogutsky, B.V. (1980), Medical climatology and climatotherapy. Kyiv, Russia, 262 p.
- Burakov D.A., Kovshova E.P., Romasko V.Yu. (2008), Forecast of the ice regime elements of the Yenisei River in the autumn-winter period in the lower reaches of high-pressure hydroelectric power plants // *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 5, pp. 93–102.
- Vinogradova V.V., Zolotokrylin A.N., Krenke A.N. (2008), Regionalization of the territory of the Russian Federation according to natural and climatic conditions // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, no. 5, pp. 106–117.
- Vinogradova V.V. (2012), Human impact of climatic conditions in arid lands of European Russia // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, no. 2, pp. 68–81.
- Golovina E.G., Rusanov V.I. (1998), Some issues of biometeorology. St. Petersburg, Russia, 93 p.
- Grigorieva E.A., Khristoforova N.K. (2004), Climate discomfort in the Jewish Autonomous Region // *Geografiya i prirodnyye resursy*, no. 4, pp. 101–104.
- Dobrynina I.V., Akimov L.M., Kurolap S.A. (2013), Medico-geographical evaluation of the climatic comfort of the territory of Voronezh region // *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoecologiya*, no. 1, pp. 120–128.
- Emelina S.V., Konstantinov P.N., Malinina E.P., Rubinstein K.G. (2014), Evaluation of the informativity of some biometeorological indices for different regions of Russia // *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 7, pp. 25–37.
- Ermakova L.N., Ermakova E.S. (2012), Influence of meteorological conditions on human well-being // *Geografichesky vestnik*, no. 2 (21), pp. 45–52.
- Ermakova L.N., Shklyayev V.A., Filippova A.P., Shklyayeva L.S. (2016), Bioclimatic assessment of landscape areas of Perm Krai and conditions of formation of microclimatic features // *Geografichesky vestnik*, no. 4 (39), pp. 70–83.
- Isaev A.A. (2001), Ecological climatology. Moscow, Russia, 458 p.
- Isaeva M.V., Perevedentsev Yu.P. (2010), Peculiarities of bioclimatic conditions of the Volga Federal District // *Geografichesky vestnik*, no. 2 (13), pp. 29–37.
- Kalinin N.A., Vetrov A.L. (2023), Climate comfort indices in Perm and Siberian cities for 1991–2020 // *Geosfernye Issledovaniya*, no. 4, pp. 132–142.
- Kalinin N.A., Ermakova L.N., Alikina I.Y. (2005), Peculiarities of the formation of high air temperatures in September-October 2003 in the Middle and Southern Urals // *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 5, pp. 82–89.
- Kalinin N.A., Kislov A.V., Babina E.D., Vetrov A.L. (2010), Estimation of air temperature reproduction quality by the MM5 model in the Urals in July // *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 10, pp. 15–22.
- Kuzyakina M.V., Gura D.A. (2020), Assessment of bioclimatic conditions of Krasnodar Krai using GIS-technology // *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye*, vol. 15, no. 3 (56), pp. 66–76.
- Loginov V.F., Khitrikov M.A. (2021), Changes in the bioclimatic climate comfort indices for humans in the territory of Belarus for the period from 1966 to 2020 // *Gidrometeorologiya i obrazovanie*, no. 4, pp. 6–19.
- Parfenova E.E., Perevedentsev Yu.P. (2022), The bioclimate of Ulyanovsk at the beginning of the 21st century // *Geografichesky vestnik*, no. 2 (61), pp. 61–72.
- Perevedentsev Yu.P., Shumikhina A.V. (2016), Dynamics of bioclimatic indicators of comfort of the natural environment in the Udmurt Republic // *Uchenny`e zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Estestvenny`kh nauk*, vol. 158, no. 4, pp. 531–547.
- Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Narutdinov D.A., Razgulin S.A., Potekhina N.N., Nepryakhin D.V. (2022), Assessment of bioclimatic indices in the areas of subarctic and continental climate belts of Krasnoyarsk region // *Gigiena i sanitariya*, vol. 101, no. 3, pp. 288–293.

Метеорология

Калинин Н.А., Ветров А.Л.

24. Rusanov V.I. (1981), Complex meteorological indicators and methods of climate assessment for medical purposes. Tomsk, Russia, 86 p.
25. Sevast'yanov V.V., Gorbatenko V.P., Zhuravlev G.G., Konstantinova D.A., Nechepurenko O.E., Nosy'reva O.V. (2019), Natural-climatic differentiation of Western Siberia by conditions of human activity in the cold season // *Sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferenczii, posvyashhennoj 415-letiyu goroda Tomsk*, pp. 199–203.
26. Sevast'yanov V.V., Sap'yan E.S., Filandy'sheva L.B. (2020), Bioclimatic resources of recreational nature management in the Altai-Sayan mountain country in the summer period // *Geosfernye issledovaniya*, no. 3, pp. 109–122.
27. Sukhova M.G. (2009), Bioclimatic conditions of human activity in the Altai-Sayan mountain country. Tomsk, Russia, 260 p.
28. Tkachuk, S.V. (2012), Review of weather comfort indexes and their relationship with mortality rates // *Trudy Gidrometcentra RF. Gidrometeorologicheskie prognozy*, no. 347, pp. 223–245.
29. Trubina M.A., Khasso L.A., Dyachko Zh.K. (2010), Methods of bioclimatic assessment of the North-West region of Russia // *Uchenye zapiski RGGMU*, no. 13, pp. 121–137.
30. Khudalova F.K. (2014), Assessment of bioclimatic indices and their relation to cardiovascular pathology // *Kubanskiy nauchnyy medicinskiy vestnik*, no. 1, pp. 173–176.
31. Shartova N.V., Shaposhnikov D.A., Konstantinov P.I., Revich B.A. (2018), Bioclimatic approach to estimating mortality during abnormal heat waves, using southern Russia as an example // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, no. 6, pp. 47–55.
32. Shklyayev V.A., Ermakova L.N., Shklyayeva L.S. (2010), Study of the microclimate of the city in order to assess the biometeorological indicators of the inhabited territory // *Geograficheskiy vestnik*, no. 3 (14), pp. 52–59.
33. AISORI-M.METEO.RU. Professional Internet portal of meteorological data [Electronic resource]. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (Date of accessed 14.07.2023). In Russian.
34. Meshkova V. (2023) Current approaches to studying the level of pedestrian comfort in urban development / Meshkova V., Dekterev A., Litvintsev K., Filimonov S. // E3S Web of Conferences 435, 05004.
35. Missenard A. (1937), *L'Homme et le climat*. Paris, France, 186 p.

Статья поступила в редакцию: 18.03.2024, одобрена после рецензирования: 29.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 18 March 2024; approved after review: 29 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Николай Александрович Калинин

доктор географических наук, профессор,
инженер-исследователь, лаборатория
физической гидродинамики,
Институт механики сплошных сред УрО РАН;
614013, Россия, г. Пермь, ул. Ак. Королева, 1;

заведующий кафедрой метеорологии и охраны
атмосферы, Пермский государственный
национальный исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Андрей Леонидович Ветров

кандидат географических наук, доцент
кафедры метеорологии и охраны атмосферы,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the authors

Nikolay A. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Research Engineer, laboratory physical fluid dy-
namics Institute of Continuous Media Mechanics,
UB RAS, Perm, Russia;
1, Akademika Koroleva st., Perm, 614013;

Head of the Department of Meteorology and At-
mosphere Protection, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: kalinin@psu.ru

Andrey L. Vetrov

Candidate of Geographical Sciences, Associate
Professor, Department of Meteorology and
Atmospheric Protection, Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: alvetrov@yandex.ru

Вклад авторов

Калинин Н.А. – организация работ, написание статьи.

Ветров А.Л. – анализ данных, редактирование статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Kalinin N.A. – organisation of work, writing the article.

Vetrov A.L. – data analysis, article editing.

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

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Научная статья

УДК 551.582 + 551.513.7

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

**ПРОЯВЛЕНИЯ ТИПОВ ЭЛЬ-НИНЬО И ЛА-НИНЬЯ В ИНТЕНСИВНЫХ ЦИКЛОНАХ
ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО РЕГИОНА****Вероника Николаевна Маслова¹, Елена Николаевна Воскресенская²**^{1,2} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт природно-технических систем», г. Севастополь, Россия¹ veronika_maslova@mail.ru, Scopus Author ID: 36863956600, Researcher ID: G-8994-2017, SPIN-код: 8508-4223, Author ID: 916757,² elena_voskr@mail.ru, Scopus Author ID: 57114965600, Researcher ID: AAD-9583-2019, SPIN-код: 3183-6409, Author ID: 169689,

Аннотация. Экстремальные фазы Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) сопровождаются опасными и разрушительными погодными явлениями, которые сложно предвидеть. При этом составляющие его события – Эль-Ниньо и Ла-Нинья – имеют неоднозначные особенности, и учет разных типов этих событий позволяет лучше понять закономерности их региональных проявлений. Цель работы заключается в исследовании проявлений классифицированных типов событий ЭНЮК в интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Анализ проведен для циклонов, выделенных по данным реанализа NCEP/NCAR о геопотенциальной высоте 1000 гПа за период 1951–2017 гг. и превышающих 75-й процентиль по интенсивности (средней глубине). Показано, что региональные отклики на разные типы ЭНЮК с сентября по апрель отличаются по знаку для Западного Средиземноморья, особенно в зимние месяцы, и по интенсивности (значимости) проявлений для Восточного Средиземноморья и Черноморского региона. Более согласованные отклики наблюдаются в межсезонье. В Западном Средиземноморье частота глубоких циклонов понижается для обоих типов Ла-Нинья осенью и в январе, особенно при центральном типе Эль-Ниньо. Для типов Эль-Ниньо частота глубоких циклонов заметно повышается весной, особенно при центральном типе Эль-Ниньо в Восточном Средиземноморье и при восточном типе Эль-Ниньо в Черноморском регионе. Неодинаковые типы Эль-Ниньо проявляются в Средиземноморском и Черноморском регионах в результате смещения на Черноморский регион шторм-треков скандинавских циклонов. Полученные результаты указывают на вероятность месячных аномалий частоты глубоких циклонов холодного полугодия в Черноморско-Средиземноморском регионе с учетом типа событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья и создают основу для развития сезонного регионального прогноза погодно-климатических аномалий, связанных с глубокими циклонами, с заблаговременностью до одного года в соответствии с временным масштабом развития событий.

Ключевые слова: шторм-треки, канонические события Эль-Ниньо, Эль-Ниньо Модоки, центральный и восточный типы Ла-Нинья, классификация и региональные проявления ЭНЮК

Финансирование. Государственное задание по теме «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей...» (№ гос. регистрации 124013000609-2).

Для цитирования: Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н. Проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в интенсивных циклонах Черноморско-Средиземноморского региона // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 95–122. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

**MANIFESTATIONS OF THE EL NIÑO AND LA NIÑA TYPES IN INTENSE CYCLONES IN THE
BLACK SEA–MEDITERRANEAN REGION****Veronika N. Maslova¹, Elena N. Voskresenskaya²**^{1,2} Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia¹ veronika_maslova@mail.ru, Scopus Author ID: 36863956600, Researcher ID: G-8994-2017, SPIN-код: 8508-4223, Author ID: 916757,² elena_voskr@mail.ru, Scopus Author ID: 57114965600, Researcher ID: AAD-9583-2019, SPIN-код: 3183-6409, Author ID: 169689,

Abstract. The extreme phases of the El Niño – Southern oscillation (ENSO) are accompanied by dangerous and destructive weather events that are difficult to predict. At the same time, El Niño and La Niña events that form it have ambiguous features, and considering the classification of these events into different types provides a better understanding of the patterns of their regional manifestations. The aim of the paper is to study the manifestations of classified types of ENSO events in intense cyclonic activity in the



Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Black Sea–Mediterranean region. The analysis was carried out for cyclones identified with the use of the NCEP/NCAR reanalysis data on the geopotential height of 1000 hPa for the period 1951–2017 and exceeding the 75th percentile in intensity (average depth). It is shown that responses to different ENSO types from September to April differ in sign for the Western Mediterranean, especially in winter months, and in intensity (significance) for the Eastern Mediterranean and the Black Sea region. More consistent responses are observed in the inter-season. In the Western Mediterranean, the frequency of deep cyclones decreases for both types of La Niña in autumn and in January, especially for the central La Niña type. For El Niño types, the frequency of deep cyclones significantly increases mainly in spring, especially for the central El Niño type in the Eastern Mediterranean and for the eastern El Niño type in the Black Sea region. Different responses to El Niño types occur in the Mediterranean region and the Black Sea region due to the shift of storm tracks of Scandinavian cyclones to the Black Sea region. The results obtained show the probability of monthly anomalies in the frequency of deep cyclones of the cold half-year in the Black Sea–Mediterranean region taking into account the type of El Niño/La Niña events, and contribute to the development of a seasonal regional forecast of weather and climatic anomalies associated with deep cyclones, with a lead time corresponding to the evolution time of events.

Keywords: storm tracks, canonical El Niño events, El Niño Modoki, central and eastern La Niña types, classification and regional manifestations of ENSO

Funding. State assignment under the topic ‘Fundamental and applied research into the regularities of ...’ (state registration No. 124013000609-2).

For citation: Maslova, V.N., Voskresenskaya, E.N. (2024). Manifestations of the El Niño and La Niña types in intense cyclones in the Black Sea–Mediterranean region. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 95–122. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-95-112

Введение

Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) представляет собой процесс межгодовой изменчивости (3–7 лет) в связанной системе океан–атмосфера, возникающий в тропической части Тихого океана [26]. Экстремальные фазы этого колебания, называемые Эль-Ниньо/Ла-Нинья, характеризуются ослаблением/усилением пассатов и потеплением/похолоданием поверхностных вод в регионах Nino3.4, Nino4, Nino3 (URL: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>, дата доступа: 14.02.2024). ЭНЮК представляет собой главную моду изменчивости глобальной температуры поверхности океана и приводит к глобальному климатическому отклику [30]. Временное запаздывание отклика во внетропических широтах может достигать 9 месяцев, что соответствует времени развития зрелой фазы событий [7; 69].

Особый интерес современных исследователей представляет изучение этих откликов в экстремальных региональных климатических аномалиях, таких как засухи, пожары, наводнения, экстремальные осадки и др. [27; 42; 72; 66; 17]. В средних широтах гидрометеорологические аномалии, например сильные осадки [9; 16], преимущественно обусловлены циклонической деятельностью. Глобальный ущерб отдельных событий Эль-Ниньо оценивается в несколько триллионов долларов [24]. При этом ожидается, что в XXI в. в связи с глобальным потеплением повторяемость экстремальных фаз ЭНЮК увеличится [14; 15], а суммарный глобальный ущерб от всех событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья составит более 80 трлн долларов [24].

При этом региональные проявления Эль-Ниньо и Ла-Нинья несимметричны (т.е. могут различаться не по знаку, а по интенсивности проявлений) [64], нелинейны [68], изменчивы в пространстве и от сезона к сезону [63; 52; 23; 37]. В изменчивости ЭНЮК обнаруживаются нелинейные связи на разных масштабах [67; 80]. На десятилетнем/междесятилетнем масштабе ЭНЮК связан с декадной изменчивостью в Тихом океане [67; 60; 79; 35]. Например, частота событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья повышается в положительную/отрицательную фазу Тихоокеанской десятилетней осцилляции (ТДО) [71]. На межгодовом масштабе ЭНЮК связан с изменчивостью Североатлантического колебания (САК) [82] и, соответственно, с Арктическим колебанием, коррелированным с САК [31; 65], и Восточноатлантическим колебанием, связанным с центрами действия САК [57; 59]. Для Эль-Ниньо характерна отрицательная фаза САК (с пониженным давлением в Средиземноморском регионе), а для Ла-Нинья – положительная фаза САК (с повышенным давлением в Средиземноморском регионе) [23; 33]. В связи с модулированием САК сигнал Эль-Ниньо и Ла-Нинья отмечается в штормовой активности Атлантико-Европейского региона [8; 58].

В ходе изучения условий возникновения и эволюции событий ЭНЮК возникла необходимость выделения разных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья [3; 20; 83]. В свою очередь, классификация различных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья позволяет получить более согласованные оценки их климатических откликов, в том числе в Атлантико-Европейском регионе [28; 34; 73]. Классификация способна предотвратить взаимное нивелирование противоположных по знаку аномалий в откликах разных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья [84; 73]. При этом во избежание сезонного сглаживания откликов важно рассматривать особенности каждого месяца.

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

В работах [10; 75] представлена уточненная классификация событий ЭНЮК с помощью метода иерархического кластерного анализа с учетом пространственного положения аномалий температуры поверхности океана в зрелую фазу событий. Выделено по два типа событий: весенний-восточный (восточный) и осенний-центральный (центральный) типы Эль-Ниньо, центральный и восточный типы Ла-Нинья.

Восточный тип Эль-Ниньо включает в себя более интенсивные (канонические) события, а центральный тип – умеренные Эль-Ниньо (Модоки) [84; 10; 20; 83]. При Ла-Нинья более интенсивные аномалии температуры поверхности океана и приземного атмосферного давления в экваториальной зоне Тихого океана характерны для центрального типа по сравнению с восточным [3; 4; 74; 75].

При этом ранее нами были рассмотрены проявления первоначально выделенных трех типов Эль-Ниньо и событий Ла-Нинья до их уточненной классификации в смещении циклонов северотихоокеанского региона [5]. В то же время исследовано опосредованное влияние типов Эль-Ниньо на Атлантико-Европейский регион через Североатлантическое колебание [10; 73]. Восточный тип Эль-Ниньо/Ла-Нинья соответствует в холодные месяцы положительной/отрицательной фазе САК, а центральный тип – противоположной фазе САК [10; 11; 73]. Результаты других работ [81; 82] также свидетельствуют о связи типов Ла-Нинья с фазами САК, а для типов Эль-Ниньо более сильная связь показана для канонического (восточного) типа с отрицательной фазой САК. В работах [6; 12] нами проведен анализ региональных проявлений типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья, который обнаружил климатические аномалии в температуре, осадках, частоте, глубине и площади общей циклонической активности на Черноморском побережье России. В последующих публикациях [53; 54] были показаны проявления типов Ла-Нинья через Североатлантическое и Восточноатлантическое колебания (САК и ВАК) в аномалиях приземного атмосферного давления и температуры воздуха зимой в Европе в связи со смещением шторм-треков. Как известно, интенсивность САК и фаза ВАК определяют сезонные и региональные различия штормовой активности в Европе на межгодовом масштабе изменчивости [13; 25; 43; 56; 76; 77].

Таким образом, проявления типов событий ЭНЮК исследованы для общей циклонической активности. Однако особый интерес представляют отклики в интенсивной циклонической активности. Цель настоящей работы заключалась в исследовании проявлений уточненных типов событий ЭНЮК в интенсивной циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Для этого был проведен композитный анализ средней частоты интенсивных циклонов Черноморского региона, Западного и Восточного Средиземноморья и шторм-треков Атлантико-Европейского региона в годы уточненных типов событий ЭНЮК.

Данные и методы

Циклоны и их параметры выделены с использованием методики М.Ю. Бардина [1; 2] на основе массивов 6-часовых (0Z, 6Z, 12Z и 18Z) данных реанализа NCEP/NCAR с разрешением $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ [40] по геопотенциальной высоте 1000 гПа за период 1951–2017 гг.

Интенсивные циклоны были определены с помощью метода процентилей, который применяется для расчета экстремальных метеорологических характеристик, например осадков [36] и штормовой активности [56; 18]. Параметр интенсивности прямо пропорционален глубине циклона и обратно пропорционален площади [55]. В работе рассматривались только те циклоны, которые превышали 75-й процентиль по интенсивности.

Частота интенсивных циклонов определялась как отношение числа центров циклонов (превышающих пороговое значение по интенсивности) в регионе к общему числу проанализированных временных интервалов (равного количеству дней в месяце, умноженному на 4 раза, поскольку использовались 6-часовые данные).

Были сформированы ряды частоты интенсивных циклонов по месяцам, сезонам и в среднем за год для трех регионов: Черноморского ($37^\circ\text{--}50^\circ$ с.ш., $27^\circ\text{--}45^\circ$ в.д.), Западного Средиземноморья ($35^\circ\text{--}47^\circ$ с.ш., 6° з.д.– 16° в.д.) и Восточного Средиземноморья ($29^\circ\text{--}41^\circ$ с.ш., $16^\circ\text{--}38^\circ$ в.д.).

Композитный анализ частоты интенсивных циклонов проводился для семи лет каждого типа классифицированных событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья, а также для неаномальных лет, т.е. без событий ЭНЮК (табл. 1). Рассчитывалась средняя частота интенсивных циклонов в указанные в табл. 1 годы для месяцев с октября по апрель, для сезонов и за год. Месяцы с января брались за следующий после начала событий год, т.е. «+1» год. Уровень доверительной вероятности для разности частоты циклонов между типами Эль-Ниньо или типами Ла-Нинья, а также с частотой в неаномальные по ЭНЮК годы определялся с помощью критерия Стьюдента.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Таблица 1

Годы событий центрального и восточного типов Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв) и неаномальные по ЭНЮК годы (н/а) для композитного анализа частоты интенсивных циклонов
 The years of the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña events (ЛНц and ЛНв) events and non-anomalous ENSO years (н/а) used for a composite analysis of the frequency of intense cyclones

ЛНц	ЛНв	ЭНц	ЭНв	н/а
1973	1954	1968	1957	1953
1975	1955	1977	1963	1959
1983	1964	1986	1965	1960
1984	1967	1991	1972	1961
1988	1970	1994	1976	1962
1998	1995	2002	1982	1979
2010	2007	2009	1997	1980

В работе были использованы ежемесячные карты Атласа внетропических шторм-треков (URL: <https://data.giss.nasa.gov/stormtracks/>, дата доступа: 15.02.2024). Шторм-треки получены на основе полей приземного атмосферного давления, рассчитанных по 12-часовым (0Z и 12Z) данным реанализа NCEP за 1961–1999 гг. о высоте геопотенциальной поверхности 500 гПа и 1000 гПа.

В связи с ограниченностью длины ряда данных шторм-треков композиты получены за четыре года каждого типа событий. Композиты представляют собой суммарные шторм-треки в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (1961, 1962, 1979, 1980 гг.), в годы Эль-Ниньо восточного типа (1965/1966, 1972/1973, 1982/1983, 1997/1998 гг.) и центрального типа (1968/1969, 1986/1987, 1991/1992, 1994/1995 гг.), в годы Ла-Нинья восточного типа (1964/1965, 1967/1968, 1970/1971, 1995/1996 гг.) и центрального типа (1973/1974, 1975/1976, 1983/1984, 1988/1989 гг.). Месяцы с января брались за следующий после начала событий год, т.е. «+1» год.

Результаты

На рис. 1–3 приведена частота интенсивных циклонов в Черноморском регионе, Западном и Восточном Средиземноморье в годы разных типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья и в годы без событий ЭНЮК. Значимые различия частоты приведены в табл. 2–4. Рассмотрим последовательно для каждого из выделенных регионов – Черноморского, Западного и Восточного Средиземноморья – характерные особенности изменения частоты интенсивных циклонов при разных типах Эль-Ниньо и Ла-Нинья и без этих событий, относительно которых оценим уровень аномалий (на доверительном уровне 80–99 %) в годы ЭНЮК каждого типа для каждого месяца.

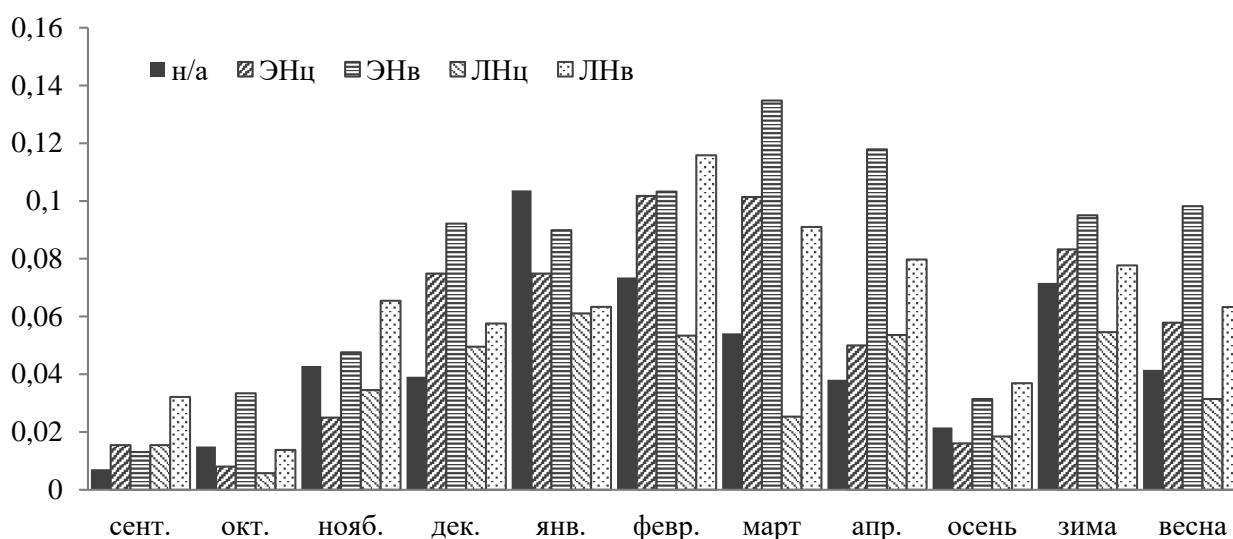


Рис. 1. Частота интенсивных циклонов в Черноморском регионе в неаномальные по ЭНЮК годы (н/а), при центральном и восточном типах Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 1. The frequency of intense cyclones in the Black Sea region in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Таблица 2

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Черноморском регионе (ЧР) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а). Положительная / отрицательная разность отмечена знаком +/-
The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Black Sea region (ЧР) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

ЧР	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
сент. (S)						
окт. (O)				+76; 0,99		+55; 0,9
нояб. (N)	-47; 0,8					
дек. (D)						
январ. (J)						
февр. (F)	-54; 0,8					
март (M)	-72; 0,9	-53; 0,8			+47; 0,8	+60; 0,9
апр. (A)				+58; 0,9		+68; 0,95
осень (SON)	-50; 0,8					
зима (DJF)						
весна (MAM)	-50; 0,8			+41; 0,8		+58; 0,9

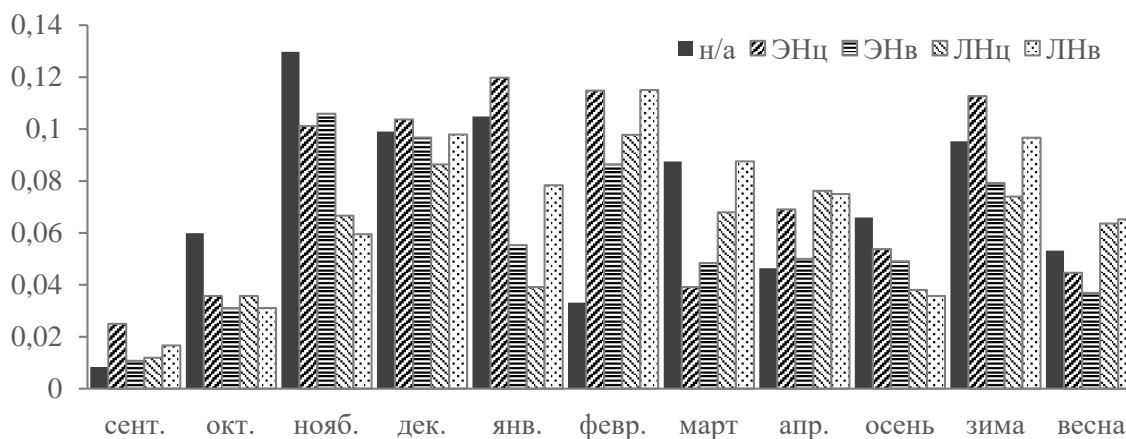


Рис. 2. Частота интенсивных циклонов в Западном Средиземноморье в неаномальные по ЭНИОК годы (н/а), при центральном и восточном типах Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 2. The frequency of intense cyclones in the Western Mediterranean in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Таблица 3

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Западном Средиземноморье (ЗСМ) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а). Положительная/отрицательная разность отмечена знаком +/-

The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Western Mediterranean (ЗСМ) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

ЗСМ	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
сент. (S)					+67; 0,8	
окт. (O)			-48; 0,8			-48; 0,8
нояб. (N)		-49; 0,8	-54; 0,9			
дек. (D)						
январ. (J)	-50; 0,9	-63; 0,9				
февр. (F)		+66; 0,8	+71; 0,9		+71; 0,9	

Метеорология
Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

Окончание табл. 3

ЗСМ	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
март (М)					-55; 0,8	
апр. (А)						
осень (SON)		-42; 0,8	-46; 0,95			
зима (DJF)						
весна (MAM)						

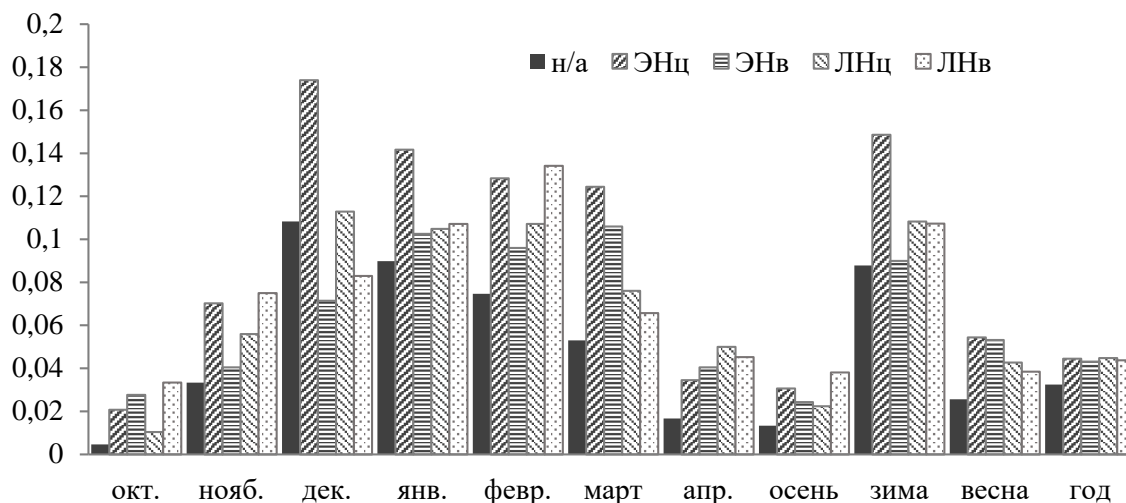


Рис. 3. Частота интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье в неаномальные по ЭНЮК годы (н/а), при центральном и восточном типах Эль-Ниньо (ЭНц и ЭНв) и Ла-Нинья (ЛНц и ЛНв)

Fig. 3. The frequency of intense cyclones in the Eastern Mediterranean in non-anomalous ENSO years (н/а) for the central and eastern types of El Niño (ЭНц and ЭНв) and La Niña (ЛНц and ЛНв)

Таблица 4

Разность частоты интенсивных циклонов (в % от большей величины) в Восточном Средиземноморье (BCM) с доверительной вероятностью (в долях единицы) при Эль-Ниньо центрального (ЭНц) и восточного (ЭНв) типов и Ла-Нинья центрального (ЛНц) и восточного (ЛНв) типов, а также в неаномальные годы (н/а).

Положительная/отрицательная разность отмечена знаком +/-

The difference in the frequency of intense cyclones (as % of the greater value) in the Eastern Mediterranean (BCM) with a confidence probability (in fractions of one) during El Niño of the central (ЭНц) and eastern (ЭНв) types and La Niña of the central (ЛНц) and eastern (ЛНв) types, and in non-anomalous ENSO years (н/а). The positive/negative difference is marked with +/-

BCM	ЛНц-ЛНв	ЛНц-н/а	ЛНв-н/а	ЭНв-ЭНц	ЭНц-н/а	ЭНв-н/а
окт. (S)			+86; 0,8		+78; 0,9	+83; 0,8
нояб. (N)			+56; 0,95		+53; 0,8	
дек. (D)				-59; 0,95	+38; 0,8	
январ. (J)					+37; 0,8	
февр. (F)			+44; 0,8		+42; 0,9	
март (M)		+30; 0,8			+57; 0,95	+50; 0,9
апр. (A)		+67; 0,8	+63; 0,8		+52; 0,8	
осень (SON)	-41; 0,8	+40; 0,8	+65; 0,8		+56; 0,95	+45; 0,8
зима (DJF)				-39; 0,95	+41; 0,95	
весна (MAM)		+40; 0,9			+53; 0,95	+52; 0,9
год (annual)		+28; 0,9	+26; 0,8		+27; 0,8	+25; 0,8

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

В Черноморском регионе, как видно из рис. 1 и табл. 2, восточный тип Эль-Ниньо сопровождается повышением частоты циклонов весной и осенью, в октябре. В весенний сезон по сравнению с неаномальными годами повышение составляет 58 %. При этом в марте частота циклонов увеличивается на 60 %, а в апреле на 68 %. В октябре частота циклонов при восточном типе Эль-Ниньо увеличивается на 55 % на доверительном уровне 0,8 относительно обычных лет.

Для Эль-Ниньо центрального типа характерно повышение частоты интенсивных циклонов в марте на 47 %.

При центральном типе событий Ла-Нинья частота интенсивных циклонов относительно неаномальных лет понижается на 53 % в марте.

При сопоставлении проявления в Черноморском регионе двух типов Эль-Ниньо между собой, выяснилось, что частота интенсивных циклонов при восточном типе событий весной на 41 % выше, чем при центральном. По месяцам наблюдается увеличение частоты циклонов на 58 % в апреле и на 76 % в октябре.

Что касается проявлений Ла-Нинья при сравнении проявлений типов между собой, то частота интенсивных циклонов при восточном типе выше на 50 %, чем при центральном весной, осенью и в конце зимы. При этом по месяцам происходит усиление циклонической активности в марте на 72 %, в ноябре на 47 %, а в феврале на 54 %.

В Западном Средиземноморье частота интенсивных циклонов (рис. 2, табл. 3) в годы Эль-Ниньо относительно неаномальных лет при центральном типе выше в сентябре на 67 % и феврале на 71 %, но ниже в марте на 55 %. В то же время при восточном типе этих событий циклоническая активность понижается на 48 % в октябре.

При Ла-Нинья (ЛН) восточного типа в осенний сезон частота интенсивных циклонов ниже соответствующей частоты в неаномальные годы на 46 % (за счет октября и ноября), а при событиях центрального типа на 42 % (за счет ноября). Проявления ЛН центрального типа особенно выражены в зимние месяцы, когда частота циклонов относительно неаномальных лет понижается на 63 % в январе и повышается на 66 % в феврале. При этом в годы ЛН восточного типа соответствующая частота циклонов в феврале выше на 71 %. Между типами Ла-Нинья значимые проявления событий в изучаемой частоте обнаружены в январе: они выше на 50 % при восточном типе по сравнению с центральным.

В Восточном Средиземноморье особенности проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья в частоте интенсивных циклонов (рис. 3, табл. 4) состоят в том, что аномалии относительно лет без событий ЭНЮК отмечаются в течение всего года: повышение годовой частоты составляет 25–28 %, в основном за счет весны и осени. При этом наибольшее повышение годовой частоты характерно для Ла-Нинья центрального типа и преимущественно за счет весны. В то же время Эль-Ниньо центрального типа сопровождается значимым повышением частоты циклонов не только во все месяцы с октября по апрель, но и зимой. Восточные типы событий проявляются относительно неаномальных лет преимущественно следующим образом: при Ла-Нинья восточного типа повышается частота осенних циклонов, что наиболее значимо выражено в ноябре; при Эль-Ниньо восточного типа повышается частота весенних циклонов, что значимо проявляется в марте.

Существенные различия частоты интенсивных циклонов Восточного Средиземноморья между типами Эль-Ниньо получены для зимних циклонов. При этом в декабре частота интенсивных циклонов выше при центральном типе, чем при восточном типе. Между типами Ла-Нинья различия частоты интенсивных циклонов выделены для осенних циклонов: при восточном типе выше, чем при центральном на 41 %.

Результаты анализа шторм-треков Атлантико-Европейского региона приведены на рис. 4–6 для октября, февраля и марта. В эти месяцы наблюдались значимые аномалии частоты циклонов при событиях ЭНЮК во всем Черноморско-Средиземноморском регионе. Укажем, как связаны с направлениями шторм-треков описанные выше изменения частоты интенсивных циклонов Черноморско-Средиземноморского региона в связи с классифицированными событиями Эль-Ниньо и Ла-Нинья, для которых уровень доверительной вероятности откликов составляет не менее 90 %.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

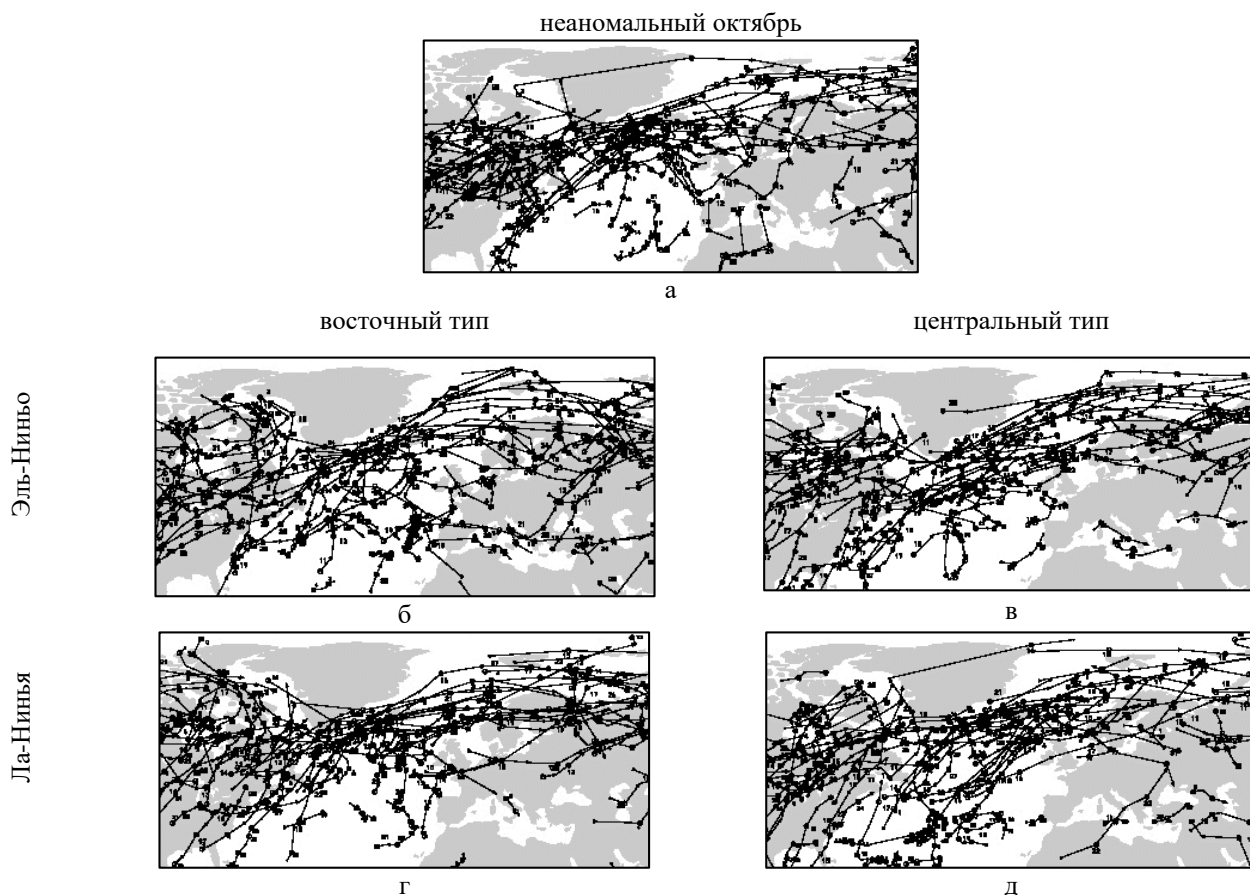


Рис. 4. Шторм-треки в октябре в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 4. Storm tracks in October in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

В октябре (рис. 4а) североатлантические шторм-треки сгруппированы более плотно к юго-востоку от о-ва Гренландия, над полуостровом Лабрадор и Лабрадорским морем. Значимо повышение частоты циклонов в Черноморском регионе при восточном типе Эль-Ниньо (рис. 4б) относительно неаномальных лет (рис. 4а) и центрального типа (рис. 4в) связаны с ростом плотности шторм-треков в Восточной Европе и с выходами на регион средиземноморских циклонов. Наиболее значимые отклики для Средиземноморского региона, наблюдающиеся в повышении частоты интенсивных циклонов в его восточной части при центральном типе Эль-Ниньо (рис. 4в) относительно неаномальных лет (рис. 4а), обусловлены увеличением частоты событий циклогенеза над Средиземным морем.

В феврале (рис. 5) основные проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья наблюдаются в интенсивных циклонах в Западном Средиземноморье. Повышение частоты при центральном Эль-Ниньо (рис. 5в) относительно неаномальных лет (рис. 5а) сопровождается увеличением плотности местных шторм-треков на северном побережье региона. Повышение частоты при восточном типе Ла-Нинья (рис. 5г) относительно неаномальных лет (рис. 5а) связано с интенсивным циклогенезом в районе Апеннинского полуострова.

Для типов Ла-Нинья полученные суммарные шторм-треки согласуются со структурой композитных полей приземного атмосферного давления и аномалиями температуры воздуха в январе и феврале в Европе [73].

В марте (рис. 6) основные отклики характерны для восточной части Черноморско-Средиземноморского региона. Повышение частоты интенсивных циклонов Черноморского региона и Восточного Средиземноморья при восточном Эль-Ниньо (рис. 6б) относительно неаномальных лет (рис. 6а) сопровождается увеличением плотности местных шторм-треков над Эгейским, Мраморным и Черным морями.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

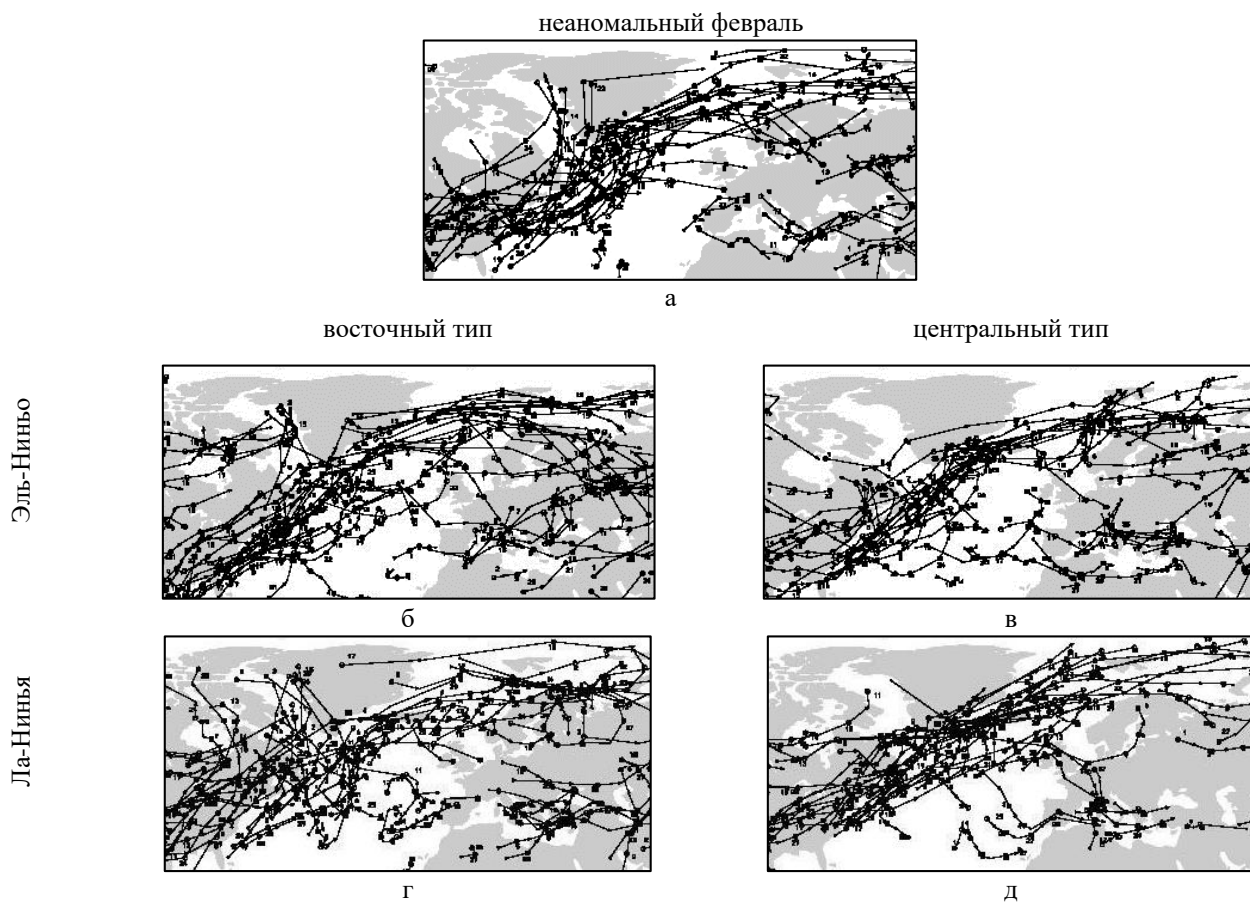


Рис. 5. Шторм-треки в феврале в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 5. Storm tracks in February in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

При центральном типе Эль-Ниньо (рис. 6в) заметно повышение плотности шторм-треков над Анатолийским полуостровом, которое приводит к значимым откликам в частоте интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье относительно неаномальных лет (рис. 6а). Для Черноморского региона значимое повышение частоты интенсивных циклонов в марте при восточном типе Ла-Нинья (рис. 6г) относительно центрального типа (рис. 6д) сопровождается небольшим смещением шторм-треков с Анатолийского полуострова к северу на Черное море.

Обсуждение

Полученные в настоящей работе результаты откликов частоты интенсивных циклонов на типы событий ЭНЮК согласуются с результатами ранее проведенных исследований температуры воздуха для разных типов Эль-Ниньо [34] и количества осадков для неклассифицированных событий Эль-Ниньо/Ла-Нинья [32].

Выявленное повышение частоты интенсивных циклонов в Черноморском регионе согласуется с положительными аномалиями температуры воздуха зимой на Европейской территории России при восточном типе Эль-Ниньо [34; 46].

Уменьшение количества зимних осадков на западе и востоке Средиземного моря при Ла-Нинья, показанное в работах [23; 41], не противоречит понижению частоты интенсивных циклонов относительно неаномальных лет в осенне-зимние месяцы, за исключением февраля, в Западном Средиземноморье. Увеличение количества зимних осадков на востоке Средиземного моря при Эль-Ниньо, представленное в работах [19; 64], согласуется с повышением частоты интенсивных циклонов относительно неаномальных лет, особенно при центральном типе Эль-Ниньо. Исходя из работ [19; 23; 41; 64], более сильный отклик на события ЭНЮК в количестве осадков наблюдается на востоке Средиземного моря. Это соответствует обнаруженному в настоящей работе более сильному отклику в частоте интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

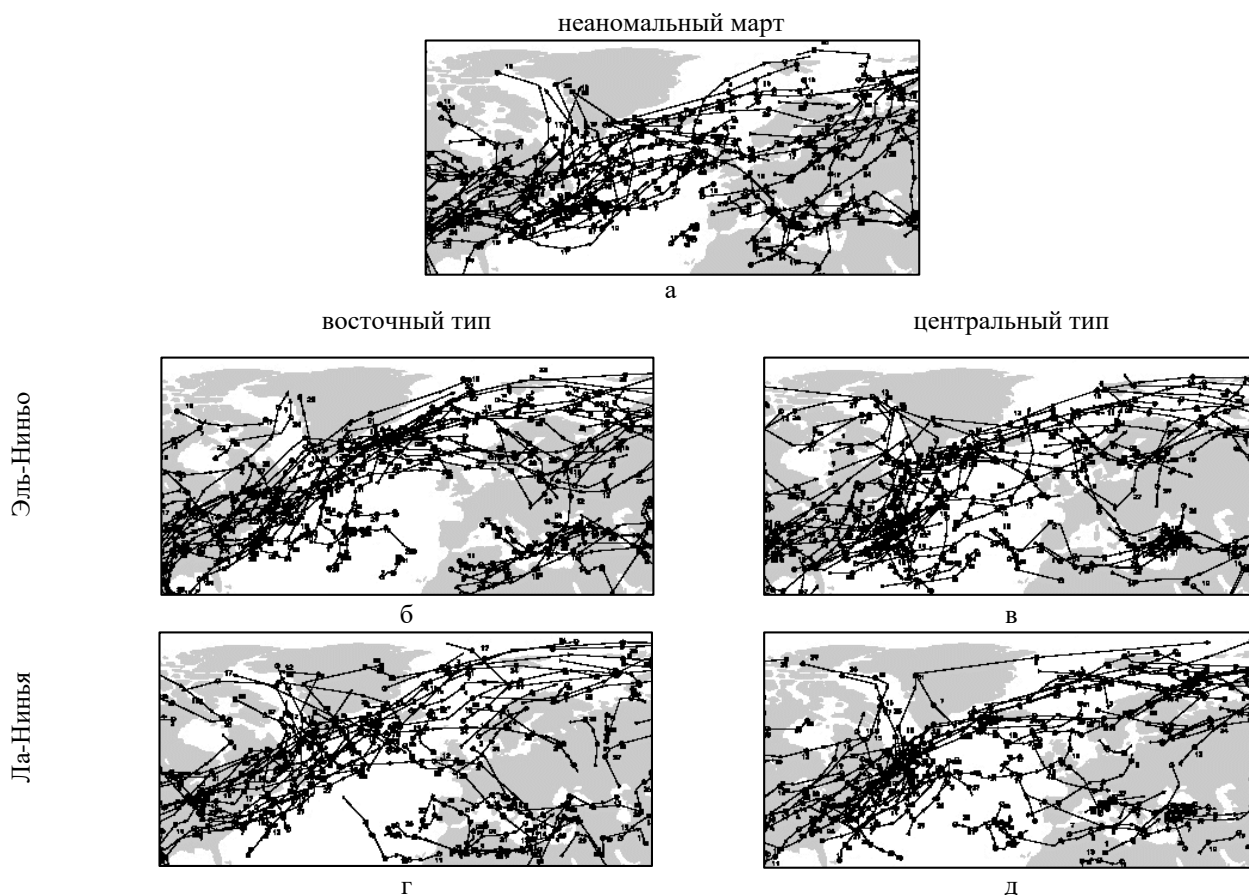


Рис. 6. Шторм-треки в марте в неаномальные по событиям ЭНЮК годы (а), годы Эль-Ниньо восточного (б) и центрального (в) типов и годы Ла-Нинья восточного (г) и центрального (д) типов

Fig. 6. Storm tracks in March in non-anomalous ENSO years (a), the years of El Niño of the eastern (б) and central (в) types and the years of La Niña of the eastern (г) and central (д) types

Противоположные проявления Эль-Ниньо в количестве осадков на западе Средиземного моря осенью (повышение) и весной (понижение), продемонстрированные в работах [32; 41; 64], соответствуют полученным в данной работе противоположным проявлениям центрального типа Эль-Ниньо в частоте интенсивных циклонов (табл. 3) в сентябре (повышение относительно неаномальных лет) и марте (понижение относительно неаномальных лет).

Как показано в работе [50], региональные отклики на типы Эль-Ниньо могут меняться на противоположные от месяца к месяцу. Это также заметно и при сезонном осреднении. В Европе центральный тип Эль-Ниньо приводит к положительным аномалиям температуры осенью, отрицательным аномалиям зимой [34; 46] и подавлению весенней вегетации растительности [48]. Для восточного типа Эль-Ниньо наиболее характерны положительные аномалии зимних температур в Европе [34; 46].

Видимо, в связи с тем, что противоположные отклики разных типов событий ЭНЮК в весенние и осенние месяцы могут компенсироваться, взаимно погашаться, основные отклики неклассифицированных событий проявляются зимой. Как следует из данного исследования, для классифицированных событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья осенние и весенние отклики в интенсивной циклонической активности превосходят зимние.

Предлагается следующая интерпретация полученных в работе результатов. Проявления типов экстремальных фаз ЭНЮК в шторм-треках Северной Атлантики укладываются в схему связи с фазами САК [10; 11; 73].

В соответствии с опосредованным влиянием через САК центральный тип Эль-Ниньо приводит в холодные месяцы к повышению частоты интенсивных циклонов в Средиземноморском регионе (САК-), а восточный – к уменьшению частоты (САК+). Такие изменения, особенно относительно неаномальных лет, наблюдаются практически во все месяцы (с октября по апрель) в Восточном Средиземноморье и в осенне-зимние месяцы в Западном Средиземноморье (табл. 3). В Черноморском регионе, напротив, повторяемость интенсивных циклонов выше при восточном типе Эль-Ниньо, особенно весной

*Метеорология**Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.*

(табл. 2). Как свидетельствуют шторм-треки, такая особенность обусловлена выходами ныряющих скандинавских циклонов (рис. 6б), что не противоречит положительной фазе САК.

Проявления Ла-Нинья в Черноморско-Средиземноморском регионе соответствуют схеме опосредованного влияния через САК. В холодные месяцы при центральном типе Ла-Нинья, который сопровождается положительной фазой САК, происходит понижение циклонической активности по сравнению с восточным типом Ла-Нинья, при котором наблюдается отрицательная фаза САК. При сравнении активности интенсивных циклонов в годы типов Ла-Нинья и в неаномальные по ЭНЮК годы обнаруживаются региональные отличия. Неаномальная циклоническая активность в основном значительно выше проявлений типов Ла-Нинья в Западном Средиземноморье и значительно ниже в восточном Средиземноморье осенью, а в Черноморском регионе в марте.

Для объяснения проявлений типов событий ЭНЮК рассмотрим, какими процессами атмосферной циркуляции определяется циклоническая активность в Черноморско-Средиземноморском регионе. Особенностью Средиземного моря, особенно западной его части, является активный местный циклогенез, который уступает только Северотихоокеанскому и Североатлантическому [70]. Восточная половина Средиземноморского бассейна, особенно Черноморский регион, во многом зависит от выходов циклонов из соседних районов циклогенеза. Средиземноморский циклогенез интенсифицируется зимой, он связан с региональным Средиземноморским колебанием [29; 51], включая Кипрский минимум [38; 39]. Это колебание соответствует качелеобразному изменению интенсивности циклогенеза на западе и востоке Средиземного моря. При этом пониженная циклоническая активность на востоке региона в положительную фазу Средиземноморского колебания поддерживается выходами циклонов из региона Западного Средиземноморья, включая Север Африки (Атласские горы). В контексте глобальных циркуляционных процессов циклоническая активность Средиземноморского бассейна зависит от положения (конфигурации отрога) и интенсивности Азорского максимума, находящегося в противофазе с Исландской депрессией. На климатические процессы Восточного Средиземноморья могут также влиять Красноморская ложбина [21], находящаяся под воздействием Азиатских процессов, таких как сезонный Сибирский максимум [44], Южно-Азиатский/Персидский минимум [85] и азиатский муссон [49]. Дополнительный вклад может оказывать связь Тихого и Индийского океанов [22; 45] при участии Индоокеанского диполя [61; 62; 78]. Циклоническая активность Черноморского региона определяется главным образом выходом циклонов со Средиземного моря (южных циклонов) и Скандинавии (северо-западных «ныряющих» циклонов). В связи с этим сигнал ЭНЮК может передаваться в Средиземноморский бассейн атмосферными мостами связи с центрами атмосферной циркуляции над Атлантико-Европейским регионом (Atlantic ENSO-like variability [47]) и Азиатским регионом, модулируя климатические сигналы Северного полушария (САК, ВАК и др.).

Таким образом, в региональном аспекте выявлены следующие особенности откликов на классифицированные события ЭНЮК. В Западном Средиземноморье проявления типов Эль-Ниньо и Ла-Нинья замаскированы активным местным циклогенезом, хотя выделяются значимые отклики, особенно в месяцы осенне-зимнего периода. В Восточном Средиземноморье проявления максимальны, особенно весной, благодаря зависимости циклонической активности в регионе от крупномасштабной циркуляции как со стороны Атлантики, так и Средней Азии. В Черноморском регионе основные проявления наблюдаются в весенние месяцы. При этом особенность откликов связана с выходом на регион как южных средиземноморских циклонов, так и ныряющих скандинавских циклонов.

Выводы

Проведенный анализ объективно выделенной частоты интенсивных циклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе и шторм-треков Атлантико-Европейского региона в годы классифицированных типов событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья позволил сделать следующие выводы.

В Черноморском регионе проявление восточного типа Эль-Ниньо характеризуется повышением относительно неаномальных лет частоты интенсивных циклонов весной на 58 %, а по месяцам в марте (на 60 %), апреле (на 68 %) и октябре (на 55 %). При этом в октябре возрастает количество выходов на Черноморский регион ныряющих скандинавских циклонов и южных (средиземноморских) циклонов, а также увеличивается местный циклогенез на юго-востоке региона. Для проявлений Эль-Ниньо центрального типа характерно повышение интенсивных циклонов на 47 % в марте.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

При сопоставлении проявления в Черноморском регионе двух типов Эль-Ниньо между собой выяснилось, что частота интенсивных циклонов при восточном типе событий весной на 41 % выше, чем при центральном. Это повышение по месяцам достигает 58 % в апреле и 76 % в октябре.

При восточном типе Ла-Нинья по сравнению с центральным типом происходит повышение частоты интенсивных циклонов в Черноморском регионе весной и осенью на 50 %, а по месяцам в марте (на 72 %), ноябре (на 47 %) и феврале (на 54 %). В марте при восточном типе Ла-Нинья наблюдается больше выходов на Черное море как ныряющих, так и южных циклонов, чем при центральном типе. Нужно отметить, что при центральном типе событий Ла-Нинья частота интенсивных циклонов в марте ниже на 53 %, чем в обычные годы.

В Западном Средиземноморье в сезонной частоте интенсивных циклонов проявляется только Ла-Нинья осенью в уменьшении частоты (в основном за счет вклада ноября). Месяц с наибольшим изменением частоты и для Ла-Нинья, и для Эль-Ниньо – февраль, при этом происходит напротив увеличение частоты для двух типов Ла-Нинья и центрального Эль-Ниньо в основном за счет местного циклогенеза в районе Генуэзского залива и Лигурийского моря, а не в результате увеличения частоты выходов североатлантических шторм-треков.

В Восточном Средиземноморье наблюдаются наибольшие проявления событий ЭНЮК в частоте интенсивных циклонов. Значимые различия получены даже для годового осреднения (в основном за счет осени и весны), хотя разные типы событий однонаправленно приводят к увеличению частоты относительно неаномальных лет. При этом значимо большее увеличение наблюдается при восточном типе Ла-Нинья осенью (по сравнению с центральным типом) и при центральном типе Эль-Ниньо зимой (по сравнению с восточным типом), за счет декабря. Месяцы с наибольшим отличием частоты интенсивных циклонов в Восточном Средиземноморье при Эль-Ниньо/Ла-Нинья – октябрь/ноябрь и март/апрель. В октябре шторм-треки рассредоточены над Северной Атлантикой, формируя две/три ветви при центральном/восточном типах Эль-Ниньо, а циклоническая активность в Восточном Средиземноморье возрастает за счет местного циклогенеза или выходов циклонов из Западного Средиземноморья. В марте оба типа Эль-Ниньо сопровождаются увеличением концентрации шторм-треков в Восточном Средиземноморье по сравнению с неаномальными годами за счет местного циклогенеза (при центральном типе) или выходов циклонов с Западного Средиземноморья и Атласских гор (при восточном типе).

Таким образом, показано, что разные типы Эль-Ниньо и Ла-Нинья значимо проявляются в частоте интенсивных циклонов в месяцы осеннего (Западное Средиземноморье) и весеннего (Восточное Средиземноморье, Черноморский регион) сезонов и реже зимнего. При этом в целом по региону типы Эль-Ниньо проявляются более значимо весной, а типы Ла-Нинья – осенью. Разные типы Эль-Ниньо и Ла-Нинья приводят к аномалиям циклонической активности как одного, так и разного знака. При проявлениях одного знака вызывающие их причины различны и заключаются либо в изменении частоты местного циклогенеза, либо в изменении частоты выходов циклонов из соседних районов циклогенеза.

В целом, результаты исследования демонстрируют закономерности и схемы проявлений в интенсивной циклонической активности холодного полугодия типов классифицированных событий Эль-Ниньо–Южное колебание, которые обусловлены в основном смещением шторм-треков Атлантико-Европейского региона.

Библиографический список

1. Бардин М. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. 1995. № 11. С. 24–37.
2. Бардин М.Ю. Характеристики циклоничности во внетропической зоне Северного полушария в задачах диагноза и прогноза климата: специальность 04.00.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / М.Ю. Бардин. М.: Институт глобального климата и экологии, 1994. 19 с.
3. Воскресенская Е., Лубков А., Марчукова О. Пространственная классификация Эль-Ниньо и условия формирования события 2015 года // Системы контроля окружающей среды. 2015. № 2. С. 80–90.
4. Воскресенская Е., Марчукова О. Качественная классификация событий Ла-Нинья // Морской гидрофизический журнал. 2015. № 3 (183). С. 15–26.
5. Воскресенская Е., Маслова В. Климатическая характеристика циклонической активности в Северотихоокеанском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2010. № 13. С. 180–184.
6. Вышкваркова Е., Маслова В. Особенности атмосферных осадков на Черноморском побережье России в связи с событиями Ла-Нинья разных типов // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 11 (31). С. 79–82.
7. Гедзенко Д.В., Задорожная Т.Н., Закусилев В.П. Исследование асинхронных связей между термическим режимом приэкваториальной зоны Земного шара и Северного полушария // Географический вестник. 2018. № 1 (44). С. 90–95.
8. Гуцина Д., Девишт Б. Явление Эль-Ниньо и его влияние на процессы в атмосфере и океане // Труды Государственного океанографического института. 2016. № 217. С. 184–208.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

9. Калинин Н.А. Условия формирования и прогноз сильных осадков с помощью индексов неустойчивости атмосферы на территории Уральского Прикамья // Географический вестник. 2019. № 4 (51). С. 96–112.
10. Лубков А., Воскресенская Е., Марчукова О. Современная классификация Эль-Ниньо и сопоставление соответствующих климатических откликов в Атлантико-Евразийском регионе // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 7. С. 94–100.
11. Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н. Классификация явлений Ла-Нинья и их влияние на климат Атлантико-Европейского региона. Севастополь: ИПТС, 2023. 156 с.
12. Маслова В.Н., Вышкваркова Е.В., Коваленко О.Ю. Климатические особенности на побережье Чёрного моря и их изменения в связи с событиями Эль-Ниньо // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2016. № 3. С. 67–72.
13. Нестеров Е. О влиянии североатлантического и восточно-атлантического колебаний на формирование опасного волнения в Северной Атлантике // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2016. (362). С. 83–91.
14. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Современные глобальные и региональные изменения климата // Географический вестник. 2006. № 2. С. 84–96.
15. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Неоднородность изменения температурного режима Земли в XIX–XXI столетиях // Географический вестник. 2011. № 3. С. 46–58.
16. Пицальникова Е.В. Циркуляционные условия формирования обильных снегопадов в Пермском крае // Географический вестник. 2016. № 1 (36). С. 70–77.
17. Рысалиева Л.С., Сальников В.Г. Исследование атмосферной засухи в Центральной Азии // Географический вестник. 2021. № 2 (57). С. 110–120.
18. Alexandersson H., Tuomenvirta H., Schmith T, Iden K. Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set // Climate Research. 2000. (14). P. 71–73.
19. Alpert P., Baldi M, Iani R, Krichak S, Price C, Rodó X, Saaroni H., Ziv B., Kishcha P., Barkan J., Mariotti A., Xoplaki E. Relations between climate variability in the Mediterranean region and the tropics: ENSO, South Asian and African monsoons, hurricanes and Saharan dust / eds P. Lionello, R. Malanotte-Rizzoli, R. Boscolo. Elsevier, 2006. P. 149–177.
20. Ashok K., Behera S.K., Rao S.A., Weng H., Yamagata T. An unusual coupled mode in the tropical Pacific during 2004 // J. Geophys. Res. 2007. (112).
21. Awad A.M., Almazroui M. Climatology of the winter Red Sea trough // Atmospheric Research. 2016. (182). P. 20–29.
22. Behera S., Ratnam J.V., Masumoto Y., Yamagata T. Origin of extreme summers in Europe: the Indo-Pacific connection // Climate dynamics. 2013. (41). P. 663–676.
23. Brönnimann S. Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate // Reviews of Geophysics. 2007. No. 3 (45). P. 2006RG000199.
24. Callahan C.W., Mankin J.S. Persistent effect of El Niño on global economic growth // Science. 2023. No. 6649 (380). P. 1064–1069.
25. Comas-Bru L., McDermott F. Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2014. No. 679 (140). P. 354–363.
26. Diaz H.F., Markgraf V. El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts / H.F. Diaz, V. Markgraf, Cambridge University Press. 2000.
27. Dilley M., Heyman B.N. ENSO and disaster: Droughts, floods and El Niño/Southern Oscillation warm events // Disasters. 1995. No. 3 (19). P. 181–193.
28. Ding S., Chen W., Feng J., Graf H.F. Combined Impacts of PDO and Two Types of La Niña on Climate Anomalies in Europe // Journal of Climate. 2017. No. 9 (30). P. 3253–3278.
29. Dünkeloh A., Jacobeit J. Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98 // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. 2003. No. 15 (23). P. 1843–1866.
30. Enfield D.B., Mestas-Núñez A.M. Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns // Journal of Climate. 1999. No. 9 (12). P. 2719–2733.
31. Feldstein S.B., Franzke C. Are the North Atlantic Oscillation and the northern annular mode distinguishable? // Journal of the Atmospheric Sciences. 2006. No. 11 (63). P. 2915–2930.
32. García-Herrera R., Barriopedro D. Climate of the Mediterranean region. 2018.
33. García-Serrano J., Rodríguez-Fonseca B., Bladé I., Zurita-Gotor P., de La Cámara A. Rotational atmospheric circulation during North Atlantic-European winter: the influence of ENSO // Climate dynamics. 2011. (37). P. 1727–1743.
34. Graf H., Zanchetin D. Central Pacific El Niño, the “subtropical bridge,” and Eurasian climate // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2012. № D1 (117). P. 2011JD016493.
35. Gushchina D., Dewitte B. Decadal modulation of the relationship between intraseasonal tropical variability and ENSO // Climate Dynamics. 2019. No. 3–4 (52). P. 2091–2103.
36. Haylock M.R., Goodess C.M. Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation // International Journal of Climatology. 2004. №=No. 6 (24). P. 759–776.
37. Herceg Bulić I., Branković Č., Kucharski F. Winter ENSO teleconnections in a warmer climate // Climate dynamics. 2012. (38). P. 1593–1613.
38. Hochman A., Harpaz T., Saaroni H., Alpert P. Synoptic classification in 21st century CMIP5 predictions over the Eastern Mediterranean with focus on cyclones // International Journal of Climatology. 2018. No. 3 (38). P. 1476–1483.
39. Hochman A., Alpert P., Kunin P., Rostkier-Edelstein D., Harpaz T., Saaroni H., Messori G. The dynamics of cyclones in the twenty-first century: the Eastern Mediterranean as an example // Climate Dynamics. 2020. No. 1–2 (54). P. 561–574.
40. Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project Routledge. 2018. P. 146–194.
41. Karabörk M.Ç., Kahya E. The links between the categorised Southern Oscillation indicators and climate and hydrologic variables in Turkey // Hydrological Processes: An International Journal. 2009. No. 13 (23). P. 1927–1936.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

42. Kitzberger T., Swetnam T.W., Veblen T.T. Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño-Southern Oscillation // *Global Ecology and Biogeography*. 2001. No. 3 (10). P. 315–326.
43. Krasnyuk T., Nesterov E. Characteristics of deep cyclones and extreme waves in the North Atlantic from the ERA-Interim reanalysis data // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2015. (40). P. 191–198.
44. Krichak S., Tsidulko M., Alpert P. Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the eastern Mediterranean // *Theoretical and Applied Climatology*. 2000. (65). P. 215–229.
45. Kucharski F., Parvin A., Rodriguez-Fonseca B., Farneti R., Martin-Rey M., Polo I., Mohino E., Losada T., Mechoso C.R. The teleconnection of the tropical Atlantic to Indo-Pacific sea surface temperatures on inter-annual to centennial time scales: a review of recent findings // *Atmosphere*. 2016. No. 2 (7). P. 29.
46. Larkin N.K., Harrison D. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter // *Geophysical Research Letters*. 2005. No. 16 (32).
47. Latif M., Grötzner A. The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO // *Climate Dynamics*. 2000. (16). P. 213–218.
48. Li J., Fan K., Zhou L. Satellite observations of El Niño impacts on Eurasian spring vegetation greenness during the period 1982–2015 // *Remote Sensing*. 2017. No. 7 (9). P. 628.
49. Logothetis I., Dafka S., Tourpali K., Misios S., Zanis P., Xoplaki E., Luterbacher J., Papagianoulis E. The Southeast Asian monsoon and El Niño–Southern Oscillation impact on the summer atmospheric circulation of East Mediterranean during 20th century based on ERA-20C and CMIP5 simulations // *International Journal of Climatology*. 2022. No. 9 (42). P. 4893–4908.
50. Lubkov A.S., Voskresenskaya E.N., Marchukova O.V. Forecasting El Niño/La Niña and Their Types Using Neural Networks // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2020. No. 11 (45). P. 806–813.
51. Maheras P., Xoplaki E., Kutiel H. Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990 // *Theoretical and Applied Climatology*. 1999. (64). P. 189–199.
52. Mariotti A., Zeng N., Lau K.-M. Euro-Mediterranean rainfall and ENSO—a seasonally varying relationship // *Geophysical Research Letters*. 2002. No. 12 (29).
53. Maslova V., Voskresenskaya E., Yurovsky A., Bardin M. Winter cyclone regimes over the North Atlantic region // *Theoretical and Applied Climatology*. 2022. No. 3–4 (148). P. 1689–1711.
54. Maslova V.N., Voskresenskaya E.N., Lubkov A.S., Zhuravskiy V.Yu. Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region // Сборник материалов международной научно-технической конференции GREG 2022: Эмиссия парниковых газов сегодня и в геологическом прошлом: источники, влияние на климат и геологическую среду. Казань: Издательство Казанского университета, 2022. С. 32.
55. Maslova V., Voskresenskaya E., Bardin M. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region // *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 2010. No. 4 (11). P. 1366–1372.
56. Matulla C., Schöner W., Alexandersson H., Von Storch H., Wang X. European storminess: late nineteenth century to present // *Climate Dynamics*. 2008. (31). P. 125–130.
57. Moore G., Renfrew I. Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode // *Atmospheric Science Letters*. 2012. No. 1 (13). P. 1–8.
58. Nesterov E. Variability of atmospheric and ocean characteristics in the Atlantic-European region during the El Niño and La Niña events // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2000. P. 74–83.
59. Nesterov E. East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2009. № 12 (34). P. 794–800.
60. Newman M., Compo G.P., Alexander M.A. ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation // *Journal of Climate*. 2003. No. 23 (16). P. 3853–3857.
61. Pokhrel S., Chaudhari H., Saha S.K., Dhakate A., Yadav R., Salunke K., Mahapatra S., Rao S.A. ENSO, IOD and Indian Summer Monsoon in NCEP climate forecast system // *Climate dynamics*. 2012. (39). P. 2143–2165.
62. Polonsky A.B., Basharin D.V. How strong is the impact of the Indo-ocean dipole on the surface air temperature/sea level pressure anomalies in the Mediterranean region? // *Global and Planetary Change*. 2017. (151). P. 101–107.
63. Pozo-Vázquez D., Esteban-Parra M., Rodrigo F., Castro-Díez Y. The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region // *Journal of Climate*. 2001. No. 16 (14). P. 3408–3420.
64. Pozo-Vázquez D., Gámiz-Fortis S., Tovar-Pescador J., Esteban-Parra M., Castro-Díez Y. El Niño–Southern Oscillation events and associated European winter precipitation anomalies // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2005. No. 1 (25). P. 17–31.
65. Rogers J., McHugh M. On the separability of the North Atlantic oscillation and Arctic oscillation // *Climate Dynamics*. 2002. (19). P. 599–608.
66. Sun X., Renard B., Thyer M., Westra S., Lang M. A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation // *Journal of Hydrology*. 2015. (530). P. 51–65.
67. Timmermann A. Decadal ENSO amplitude modulations: A nonlinear paradigm // *Global and Planetary Change*. 2003. No. 1–2 (37). P. 135–156.
68. Toniazzo T., Scaife A.A. The influence of ENSO on winter North Atlantic climate // *Geophysical Research Letters*. 2006. № 24 (33).
69. Trenberth K.E., Hurrell J.W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific // *Climate Dynamics*. 1994. (9). P. 303–319.
70. Ulbrich U., Leckebusch G.C., Pinto J.G. Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review // *Theoretical and Applied Climatology*. 2009. No. 1–2 (96). P. 117–131.
71. Verdon D.C., Franks S.W. Long-term behaviour of ENSO: Interactions with the PDO over the past 400 years inferred from paleoclimate records // *Geophysical Research Letters*. 2006. No. 6 (33).
72. Vicente-Serrano S.M., López-Moreno J.I., Gimeno L., Nieto R., Morán-Tejeda E., Lorenzo-Lacruz J., Beguería S., Azorin-Molina C. A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011. No. D20 (116).

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

73. Voskresenskaya E., Marchukova O., Maslova V., Lubkov A. Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Nina types Kazan: IOP Publishing, 2018. P. 012043.
74. Voskresenskaya E., Marchukova O. Qualitative classification of the La Niña events // *Physical Oceanography*. 2015. No. 3. P. 14–24.
75. Voskresenskaya E., Marchukova O. Spatial classification of La Nina events // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2017. No. 1 (53). P. 111–119.
76. Wang X.L., Zwiers F.W., Swail V.R., Feng Y. Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic region, 1874–2007 // *Climate Dynamics*. 2009. (33). P. 1179–1195.
77. Wang X.L., Wan H., Zwiers F.W., Swail V.R., Compo G.P., Allan R.J., Vose R.S., Jourdain S., Yin X. Trends and low-frequency variability of storminess over western Europe, 1878–2007 // *Climate Dynamics*. 2011. (37). P. 2355–2371.
78. Xue J., Luo J., Zhang W., Yamagata T. ENSO–IOD Inter-Basin Connection Is Controlled by the Atlantic Multidecadal Oscillation // *Geophysical Research Letters*. 2022. No. 24 (49). P. e2022GL101571.
79. Yeh S., Kirtman B.P. Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation // *Geophysical Research Letters*. 2005. No. 5 (32).
80. Yu J.-Y., Kao H.-Y. Decadal changes of ENSO persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958–2001 // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2007. No. D13 (112).
81. Zhang P., Wu Z. Insight into Asymmetry in the Impact of Different Types of ENSO on the NAO // *Climate*. 2023. No. 7 (11). P. 136.
82. Zhang W., Wang Z., Stuecker M.F., Turner A.G., Jin F.F., Geng X. Impact of ENSO longitudinal position on teleconnections to the NAO // *Climate Dynamics*. 2019. (52). P. 257–274.
83. Zheleznova I., Gushchina D.Y. The response of global atmospheric circulation to two types of El Niño // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2015. (40). P. 170–179.
84. Zheleznova I., Gushchina D.Y. Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño // *Russian Meteorology and Hydrology*. 2016. (41). P. 760–769.
85. Ziv B., Saaroni H., Alpert P. The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean // *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*. 2004. No. 14 (24). P. 1859–1871.

References

1. Bardin, M. (1995) “Izmenchivost' kharakteristiki tsiklonichnosti v sredney troposfere umerennykh shirot Severnogo polushariya” [Variability of cyclonicity characteristics in the middle troposphere of the temperate latitudes of the Northern Hemisphere], *Meteorology and Hydrology*, 11, pp. 24–37.
2. Bardin, M.Yu. (1994) *Characteristics of cyclonicity in the extratropical zone of the Northern hemisphere in the tasks of diagnosis and climate prediction*: abstract of the dissertation for the degree of candidate of physical and mathematical sciences. Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia.
3. Voskresenskaya, E., Lubkov, A., Marchukova, O. (2015) “El-Niño spatial classification and conditions of 2015 events”, *Monitoring systems of environment*, (2), pp. 80–90.
4. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2015) “Qualitative classification of the La Nina events”, *Physical Oceanography*, (3 (183)), pp. 14–24.
5. Voskresenskaya, E., Maslova, V. (2010) “Klimaticheskaya kharakteristika tsiklonicheskoy aktivnosti v severotikhookeanskom regione” [Climatic characteristics of cyclonic activity in the North Pacific region], *Monitoring systems of environment*, (13), pp. 180–184.
6. Vyshkvarkova, E., Maslova, V. (2018) “Precipitation features on the Black Sea coast of Russia in connection with different types of La Niña events”, *Monitoring systems of environment*, 31(11), pp. 79–82.
7. Gedzenko, D.V., Zadorozhnaya, T.N., Zakusilov, V.P. (2018) “Investigation of asynchronous relations between the thermal regime of the near-equatorial zone of the Earth and the Northern hemisphere”, *Geographical bulletin*, (1 (44)), pp. 90–95.
8. Gushchina, D., Dewitte, B. (2016) “El Niño Southern Oscillation and its influence on the ocean-atmosphere processes”, *SOI (State Oceanographic Institute) Proceedings*, (217), pp. 184–208.
9. Kalinin, N.A. (2019) “Heavy precipitation formation conditions and forecasting with the atmospheric instability indices in the territory of Ural Prikamye”, *Geographical bulletin*, (4 (51)), pp. 96–112.
10. Lubkov, A., Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2017) “Recent El-Niño classification and associated climate response comparisons for the Atlantic-Eurasian region”, *Monitoring systems of environment*, (7), pp. 94–100.
11. Marchukova, O., Voskresenskaya, E. (2023) *La-Niña classification and their influence on the climate of the Atlantic-European region*. Institute of Natural and Technical Systems [IPTS], Sevastopol, Russia.
12. Maslova, V.N., Vyshkvarkova, E.V., Kovalenko O.Yu. (2016) “Climatic features on the Black Sea coast and their changes in connection with El Niño events” [Klimaticheskiye osobennosti na poberezh'ye Chornogo morya i ikh izmeneniya v svyazi s sobytiyami El-Nin'o], *Use and protection of natural resources of Russia*, (3), pp. 67–72.
13. Nesterov, E.S. (2016) “Influence of the North Atlantic and East Atlantic oscillations on formation of dangerous waves in the North Atlantic”, *Proceedings of Hydrometcentre of Russia*, 362, pp. 83–91.
14. Perevedentsev, J.P., Naumov, E.P., Shantalinsky, K.M. (2006) “Modern global and regional climate changes” [Sovremennyye global'nyye i mezhdunarodnyye izmeneniya klimata], *Geographical bulletin*, (2), pp. 84–96.
15. Perevedentsev, J.P., Shantalinsky, K.M. (2011) “Heterogeneity of change of the temperature mode of the Earth in XIX–XXI centuries”, *Geographical bulletin*, (3), pp. 46–58.
16. Pischalnikova, E.V. (2016) “Circulation conditions of abundant snowfalls formation in Perm region”, *Geographical bulletin*, (1 (36)), pp. 70–77.
17. Ryssaliyeva, L.S., Salmikov, V.G. (2021) “Study of atmospheric drought in Central Asia”, *Geographical bulletin*, (2 (57)), pp. 110–120.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

- 18 Alexandersson, H., Tuomenvirta, H., Schmith, T., Iden, K. (2000) "Trends of storms in NW Europe derived from an updated pressure data set", *Climate Research*, 14, pp. 71–73. Available at: <https://doi.org/10.3354/cr014071>.
19. Alpert, P., Baldi, M., Ilani, R., Krichak, S., Price, C., Rodó, X., Saaroni, H., Ziv, B., Kishcha, P., Barkan, J., Mariotti, A., Xoplaki, E. (2006) "Relations between climate variability in the Mediterranean region and the tropics: ENSO, South Asian and African monsoons, hurricanes and Saharan dust", in P. Lionello, R. Malanotte-Rizzoli, and R. Boscolo (eds) *Developments in Earth and Environmental Sciences*. Elsevier, pp. 149–177. Available at: [https://doi.org/10.1016/S1571-9197\(06\)80005-4](https://doi.org/10.1016/S1571-9197(06)80005-4).
20. Ashok, K., Behera, S.K., Rao, S.A., Weng, H., Yamagata, T. (2007) "An unusual coupled mode in the tropical Pacific during 2004", *J. Geophys. Res.*, 112.
21. Awad, A.M., Almazroui, M. (2016) "Climatology of the winter Red Sea trough", *Atmospheric Research*, 182, pp. 20–29.
22. Behera, S., Ratnam, J.V., Masumoto, Y., Yamagata, T. (2013) "Origin of extreme summers in Europe: the Indo-Pacific connection", *Climate dynamics*, 41, pp. 663–676.
23. Brönnimann, S. (2007) "Impact of El Niño–Southern Oscillation on European climate", *Reviews of Geophysics*, 45(3), p. 2006RG000199. Available at: <https://doi.org/10.1029/2006RG000199>.
24. Callahan, C.W., Mankin, J.S. (2023) "Persistent effect of El Niño on global economic growth", *Science*, 380(6649), pp. 1064–1069.
25. Comas-Bru, L., McDermott, F. (2014) "Impacts of the EA and SCA patterns on the European twentieth century NAO–winter climate relationship", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140(679), pp. 354–363.
26. Diaz, H.F., Markgraf, V. (2000) *El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*. Cambridge University Press.
27. Dilley, M., Heyman, B.N. (1995) "ENSO and disaster: Droughts, floods and El Niño/Southern Oscillation warm events", *Disasters*, 19(3), pp. 181–193.
28. Ding, S., Chen, W., Feng, J., Graf, H.F. (2017) "Combined Impacts of PDO and Two Types of La Niña on Climate Anomalies in Europe", *Journal of Climate*, 30(9), pp. 3253–3278. Available at: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0376.1>.
29. Dünkeloh, A., Jacobeit, J. (2003) "Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948–98", *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(15), pp. 1843–1866.
30. Enfield, D.B., Mestas-Núñez, A.M. (1999) "Multiscale variabilities in global sea surface temperatures and their relationships with tropospheric climate patterns", *Journal of Climate*, 12(9), pp. 2719–2733.
31. Feldstein, S.B., Franzke, C. (2006) "Are the North Atlantic Oscillation and the northern annular mode distinguishable?", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 63(11), pp. 2915–2930.
32. García-Herrera, R., Barriopedro, D. (2018) "Climate of the Mediterranean region", in *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*.
33. García-Serrano, J., Rodríguez-Fonseca, B., Bladé, I., Zurita-Gotor, P., de La Cámara, A. (2011) "Rotational atmospheric circulation during North Atlantic-European winter: the influence of ENSO", *Climate dynamics*, 37, pp. 1727–1743.
34. Graf, H., Zanchettin, D. (2012) "Central Pacific El Niño, the "subtropical bridge," and Eurasian climate", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D1), p. 2011JD016493. Available at: <https://doi.org/10.1029/2011JD016493>.
35. Gushchina, D., Dewitte, B. (2019) "Decadal modulation of the relationship between intraseasonal tropical variability and ENSO", *Climate Dynamics*, 52(3–4), pp. 2091–2103.
36. Haylock, M.R., Goodess, C.M. (2004) "Interannual variability of European extreme winter rainfall and links with mean large-scale circulation", *International Journal of Climatology*, 24(6), pp. 759–776. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.1033>.
37. Hecceg Bulić, I., Branković, Č., Kucharski, F. (2012) "Winter ENSO teleconnections in a warmer climate", *Climate dynamics*, 38, pp. 1593–1613.
38. Hochman, A., Harpaz, T., Saaroni, H., Alpert, P. (2018) "Synoptic classification in 21st century CMIP5 predictions over the Eastern Mediterranean with focus on cyclones", *International Journal of Climatology*, 38(3), pp. 1476–1483. Available at: <https://doi.org/10.1002/joc.5260>.
39. Hochman, A., Alpert, P., Kunin, P., Rostkier-Edelstein, D., Harpaz, T., Saaroni, H., Messori, G. (2020) "The dynamics of cyclones in the twenty-first century: the Eastern Mediterranean as an example", *Climate Dynamics*, 54(1–2), pp. 561–574. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00382-019-05017-3>.
40. Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J. (2018) "The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project", in *Renewable energy*. 1st Edition. Routledge, pp. 146–194.
41. Karabörk, M.Ç., Kahya, E. (2009) "The links between the categorised Southern Oscillation indicators and climate and hydrologic variables in Turkey", *Hydrological Processes: An International Journal*, 23(13), pp. 1927–1936.
42. Kitzberger, T., Swetnam, T.W., Veblen, T.T. (2001) "Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño–Southern Oscillation", *Global Ecology and Biogeography*, 10(3), pp. 315–326.
43. Krasnyuk, T., Nesterov, E. (2015) "Characteristics of deep cyclones and extreme waves in the North Atlantic from the ERA-Interim reanalysis data", *Russian Meteorology and Hydrology*, 40, pp. 191–198.
44. Krichak, S., Tsidulko, M., Alpert, P. (2000) "Monthly synoptic patterns associated with wet/dry conditions in the eastern Mediterranean", *Theoretical and Applied Climatology*, 65, pp. 215–229.
45. Kucharski, F., Parvin, A., Rodríguez-Fonseca, B., Farneti, R., Martin-Rey, M., Polo, I., Mohino, E., Losada, T., Mechoso, C.R. (2016) "The teleconnection of the tropical Atlantic to Indo-Pacific sea surface temperatures on inter-annual to centennial time scales: a review of recent findings", *Atmosphere*, 7(2), p. 29.
46. Larkin, N.K., Harrison, D. (2005) "Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter", *Geophysical Research Letters*, 32(16).
47. Latif, M., Grötzner, A. (2000) "The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO", *Climate Dynamics*, 16, pp. 213–218.
48. Li, J., Fan, K., Zhou, L. (2017) "Satellite observations of El Niño impacts on Eurasian spring vegetation greenness during the period 1982–2015", *Remote Sensing*, 9(7), p. 628.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

49. Logothetis, I., Dafka, S., Tourpali, K., Misios, S., Zanis, P., Xoplaki, E., Luterbacher, J., Papagianoulis, E. (2022) "The Southeast Asian monsoon and El Niño–Southern Oscillation impact on the summer atmospheric circulation of East Mediterranean during 20th century based on ERA-20C and CMIP5 simulations", *International Journal of Climatology*, 42(9), pp. 4893–4908.
50. Lubkov, A.S., Voskresenskaya, E.N., Marchukova, O.V. (2020) "Forecasting El Niño/La Niña and Their Types Using Neural Networks", *Russian Meteorology and Hydrology*, 45(11), pp. 806–813. Available at: <https://doi.org/10.3103/S1068373920110084>.
51. Maheras, P., Xoplaki, E., Kutiel, H. (1999) "Wet and dry monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation, 1860–1990", *Theoretical and Applied Climatology*, 64, pp. 189–199.
52. Mariotti, A., Zeng, N., Lau, K. -M. (2002) "Euro-Mediterranean rainfall and ENSO—a seasonally varying relationship", *Geophysical Research Letters*, 29(12). Available at: <https://doi.org/10.1029/2001GL014248>.
53. Maslova, V., Voskresenskaya, E., Yurovsky, A., Bardin, M. (2022) "Winter cyclone regimes over the North Atlantic region", *Theoretical and Applied Climatology*, 148(3–4), pp. 1689–1711. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04018-3>.
54. Maslova, V.N., Voskresenskaya, E.N., Lubkov, A.S., Zhuravskiy, V.Yu. "Teleconnections in cyclonic activity in the Atlantic-European region", Proceedings of the International Research Conference GREG 2022: Greenhouse Gas Emissions Today and in the Geological Past: Sources, impact on climate and environment. Kazan: Kazan University, 2022. C. 32.
55. Maslova, V., Voskresenskaya, E., Bardin, M. (2010) "Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region", *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 11(4), pp. 1366–1372.
56. Matulla, C., Schöner, W., Alexandersson, H, Von Storch, H, Wang, X. (2008) "European storminess: late nineteenth century to present", *Climate Dynamics*, 31, pp. 125–130.
57. Moore, G., Renfrew, I. (2012) "Cold European winters: interplay between the NAO and the East Atlantic mode", *Atmospheric Science Letters*, 13(1), pp. 1–8.
58. Nesterov, E. (2000) "Variability of atmospheric and ocean characteristics in the Atlantic-European region during the El Niño and La Niña events", *Russian Meteorology and Hydrology*, pp. 74–83.
59. Nesterov, E. (2009) "East Atlantic oscillation of the atmospheric circulation", *Russian Meteorology and Hydrology*, 34(12), pp. 794–800.
60. Newman, M., Compo, G.P., Alexander, M.A. (2003) "ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation", *Journal of Climate*, 16(23), pp. 3853–3857.
61. Pokhrel, S., Chaudhari, H., Saha, S.K., Dhakate, A., Yadav, R., Salunke, K., Mahapatra, S., Rao, S.A. (2012) "ENSO, IOD and Indian Summer Monsoon in NCEP climate forecast system", *Climate dynamics*, 39, pp. 2143–2165.
62. Polonsky, A.B., Basharin, D.V. (2017) "How strong is the impact of the Indo-ocean dipole on the surface air temperature/sea level pressure anomalies in the Mediterranean region?", *Global and Planetary Change*, 151, pp. 101–107. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.11.007>.
63. Pozo-Vázquez, D., Esteban-Parra, M., Rodrigo, F., Castro-Diez, Y. (2001) "The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region", *Journal of Climate*, 14(16), pp. 3408–3420.
64. Pozo-Vázquez, D., Gámiz-Fortis, S., Tovar-Pescador, J., Esteban-Parra, M., Castro-Diez, Y. (2005) "El Niño–Southern Oscillation events and associated European winter precipitation anomalies", *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(1), pp. 17–31.
65. Rogers, J., McHugh, M. (2002) "On the separability of the North Atlantic oscillation and Arctic oscillation", *Climate Dynamics*, 19, pp. 599–608.
66. Sun, X., Renard, B., Thyer, M., Westra, S., Lang, M. (2015) "A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation", *Journal of Hydrology*, 530, pp. 51–65.
67. Timmermann, A. (2003) "Decadal ENSO amplitude modulations: A nonlinear paradigm", *Global and Planetary Change*, 37(1–2), pp. 135–156.
68. Toniazzo, T., Scaife, A.A. (2006) "The influence of ENSO on winter North Atlantic climate", *Geophysical Research Letters*, 33(24).
69. Trenberth, K.E., Hurrell, J.W. (1994) "Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific", *Climate Dynamics*, 9, pp. 303–319.
70. Ulbrich, U., Leckebusch, G.C., Pinto, J.G. (2009) "Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review", *Theoretical and Applied Climatology*, 96(1–2), pp. 117–131. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0083-8>.
71. Verdon, D.C., Franks, S.W. (2006) "Long-term behaviour of ENSO: Interactions with the PDO over the past 400 years inferred from paleoclimate records", *Geophysical Research Letters*, 33(6).
72. Vicente-Serrano, S.M., López-Moreno, J.I., Gimeno, L., Nieto, R., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Beguería, S., Azorin-Molina, C. (2011) "A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D20).
73. Voskresenskaya, E., Marchukova, O., Maslova, V., Lubkov, A. (2018) "Interannual climate anomalies in the Atlantic-European region associated with La-Niña types", in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3rd International Conference Environment and Sustainable Development of Territories: Ecological Challenges of the 21st Century 27–29 September 2017*, Kazan: IOP Publishing, p. 012043.
74. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2015) "Qualitative classification of the La Niña events", *Physical Oceanography*, (3), pp. 14–24.
75. Voskresenskaya, E., Marchukova, O. (2017) "Spatial classification of La Niña events", *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 53(1), pp. 111–119.
76. Wang, X.L., Zwiers, F.W., Swail, V.R., Feng, Y. (2009) "Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic region, 1874–2007", *Climate Dynamics*, 33, pp. 1179–1195.
77. Wang, X.L., Wan, H., Zwiers, F.W., Swail, V.R., Compo, G.P., Allan, R.J., Vose, R.S., Jourdain, S., Yin, X. (2011) "Trends and low-frequency variability of storminess over western Europe, 1878–2007", *Climate Dynamics*, 37, pp. 2355–2371.

Метеорология

Маслова В.Н., Воскресенская Е.Н.

78. Xue, J., Luo, J., Zhang, W., Yamagata, T. (2022) “ENSO–IOD Inter-Basin Connection Is Controlled by the Atlantic Multidecadal Oscillation”, *Geophysical Research Letters*, 49(24), p. e2022GL101571.
79. Yeh, S., Kirtman, B.P. (2005) “Pacific decadal variability and decadal ENSO amplitude modulation”, *Geophysical Research Letters*, 32(5).
80. Yu, J.-Y., Kao, H.-Y. (2007) “Decadal changes of ENSO persistence barrier in SST and ocean heat content indices: 1958–2001”, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D13).
81. Zhang, P., Wu, Z. (2023) “Insight into Asymmetry in the Impact of Different Types of ENSO on the NAO”, *Climate*, 11(7), p. 136.
82. Zhang, W., Wang, Z., Stuecker, M.F., Turner, A.G., Jin, F.F., Geng, X. (2019) “Impact of ENSO longitudinal position on teleconnections to the NAO”, *Climate Dynamics*, 52, pp. 257–274.
83. Zheleznova, I., Gushchina, D.Y. (2015) “The response of global atmospheric circulation to two types of El Niño”, *Russian Meteorology and Hydrology*, 40, pp. 170–179.
84. Zheleznova, I., Gushchina, D.Y. (2016) “Circulation anomalies in the atmospheric centers of action during the Eastern Pacific and Central Pacific El Niño”, *Russian Meteorology and Hydrology*, 41, pp. 760–769.
85. Ziv, B., Saaroni, H., Alpert, P. (2004) “The factors governing the summer regime of the eastern Mediterranean”, *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(14), pp. 1859–1871.

Статья поступила в редакцию: 12.03.2024, одобрена после рецензирования: 24.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 12 March 2024; approved after review: 24 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах

Вероника Николаевна Маслова

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата, Институт природно-технических систем;

299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: veronika_maslova@mail.ru

Information about the authors

Veronika N. Maslova

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Large-scale Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change, Institute of Natural and Technical Systems;

28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Елена Николаевна Воскресенская

доктор географических наук, профессор, заведующая лабораторией крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы и изменений климата

«Институт природно-технических систем;

299011, Россия, г. Севастополь, ул. Ленина, 28

e-mail: elena_voskr@mail.ru

Elena N. Voskresenskaya

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Large-scale Ocean-Atmosphere Interaction and Climate Change, Institute of Natural and Technical Systems;

28, Lenina st., Sevastopol, 299011, Russia

Вклад авторов

Маслова В. Н. – идея статьи, обработка и анализ данных, написание статьи.

Воскресенская Е. Н. – идея исследования, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Veronika N. Maslova – the idea of the article; data processing and analysis; writing of the article.

Elena N. Voskresenskaya – the idea of the study; writing of the article, scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Научная статья

УДК 504.4.054

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-113-124

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ КРАСНОЙ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Юрий Александрович Спирин¹, Сергей Игоревич Зотов², Вероника Сергеевна Таран³,
Анна Алексеевна Филимонова⁴

¹ Институт географии РАН, г. Москва, Россия

^{2,3,4} Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

¹ spirin.yuriy@rambler.ru, РИНЦ AuthorID: 887382

² zotov.prof@gmail.com, РИНЦ AuthorID: 60753

³ ronya.volkova@yandex.ru РИНЦ AuthorID: 1168912

⁴ anna23.01.2002@mail.ru

Аннотация. Калининградская область на сегодняшний день имеет важное стратегическое значение для Российской Федерации. Вследствие того, что регион отделен от основной части страны, для его экономического благополучия немаловажным фактором считается качество водных ресурсов. Одним из основных инструментов в этом направлении является гидрохимический и гидрологический мониторинг поверхностных водотоков. Цель работы – оценка пространственно-временной динамики загрязнения реки Красной по 4 гидрологическим сезонам 2022–2023 гг. Мониторинг проводился в осенний (15.10.22), зимний (15.01.23), весенний (23.04.23) и летний (19.07.23) гидрологические сезоны, в результате чего были отобраны пробы воды в 4 гидростворах и измерены гидрометрические характеристики для расчета расхода воды. Пробы воды были исследованы на необходимый перечень химических показателей, на основе которого определены интегральные показатели качества воды. Также определена и картографически выражена их пространственно-временная изменчивость. Результат исследования представлен информацией о состоянии водотоков и влиянии на них антропогенных и природных факторов. Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды показал, что река загрязняется от истока к устью. Внутригодовая изменчивость рассмотрена по средствам ИЗВ и имеет схожую пространственную интерпретацию, качество воды снижается от истока к устью с небольшими отклонениями. Временная изменчивость сложилась таким образом, что осень – самый загрязненный сезон, а остальные сезоны имеют почти одинаковый средний индекс загрязнения воды. Основные загрязнители можно разделить на систематические (нефтепродукты, железо, БПК₅, ХПК) и несистематические (сульфаты фосфаты, аммоний и низкий уровень растворенного кислорода). Обнаружена корреляция химических загрязнений с количественными характеристиками речного стока, природными циклами водной и береговой растительности, помывкой автотранспорта. Эмиссия железа и нефтепродуктов не вписывается в какую-то определенную закономерную систему, так как источники первого это подземные воды, а второго – антропогенная деятельность. В целом ситуация с качеством воды р. Красной оценивается как удовлетворительная.

Ключевые слова: загрязнение воды, трансграничные водотоки, пространственная дифференциация загрязнений, ландшафтно-бассейновый подход, река Красная, Калининградская область

Сведения о финансировании: Картографирование и работа с ГИС выполнены в Институте географии РАН в рамках государственного задания № FMWS-2024-0007.

Для цитирования: Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А. Оценка пространственно-временной динамики загрязнения реки Красной в Калининградской области // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 113–125. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-113-124

ECOLOGY AND NATURE USE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-113-124

ASSESSMENT OF THE SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF POLLUTION OF THE KRASNAYA RIVER IN THE KALININGRAD REGION

Yuriy A. Spirin¹, Sergej I. Zotov², Veronika S. Taran³, Anna A. Filimonova⁴

¹ Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia

^{2,3,4} Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

¹ spirin.yuriy@rambler.ru, Author ID: 887382

² zotov.prof@gmail.com, Author ID: 60753

³ ronya.volkova@yandex.ru, Author ID: 1168912

⁴ anna23.01.2002@mail.ru



Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

Abstract. Today, the Kaliningrad region has considerable strategic significance for the Russian Federation. Due to the fact that the region is separated from the main part of the country, the quality of water resources is considered a substantial factor for its economic well-being. One of the main tools in this area is hydrochemical and hydrological monitoring of surface watercourses. The purpose of the work is to assess the spatio-temporal dynamics of the Krasnaya River pollution for 4 hydrological seasons in 2022-2023. Monitoring was carried out during the autumn (10/15/22), winter (01/15/23), spring (04/23/23), and summer (07/19/23) hydrological seasons, during which water samples were taken at 4 hydraulic stations, and hydrometric characteristics were measured to calculate water flow rates. Water samples were examined for the relevant chemical indicators, on the basis of which integral indicators of water quality were determined. In turn, their spatio-temporal variability was determined and cartographically expressed. As a result of the study, the paper provides information about the state of the watercourses and the influence of anthropogenic and natural factors on them. The specific combinatorial index of water pollution showed that the river is polluted from source to mouth. Intra-annual variability was studied using the WPI and has a similar spatial interpretation, water quality decreases from source to mouth with slight deviations. Temporal variability has developed in such a way that autumn is the most polluted season, while the remaining seasons have nearly equal average water pollution indices. The main pollutants can be divided into systematic (petroleum products, iron, BOD₅, COD) and non-systematic (sulfate phosphates, ammonium, and low dissolved oxygen). A correlation was discovered between chemical pollution and the quantitative characteristics of river flow, natural cycles of aquatic and shore vegetation, and vehicle washing. The emissions of iron and petroleum products do not fit into any specific regular system: the sources of the former are groundwater, of the latter – anthropogenic activities. In general, the situation with water quality on the Krasnaya River is rated as satisfactory.

Keywords: water pollution, transboundary watercourses, spatial differentiation of pollution, landscape-basin approach, Krasnaya River, Kaliningrad region

Funding: Mapping and work with GIS were carried out at the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences as part of state assignment No. FMWS-2024-0007.

For citation: Spirin, Yu.A., Zotov, S.I., Taran, V.S., Filimonova, A.A. (2024). Assessment of the spatio-temporal dynamics of pollution of the Krasnaya River in the Kaliningrad region. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 113–125. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-113-124

Введение

Одно из приоритетных направлений геоэкологических исследований в Калининградской области – мониторинг качества поверхностных пресноводных ресурсов [1; 4; 9; 26]. Особую значимость такой вид наблюдений получил в последние 30 лет, когда регион потерял сухопутную границу с основной частью Российской Федерации, а с ростом геополитической обострённости в мире актуальность таких мероприятий только растёт. Если не следить за качественными характеристиками воды (химическим составом) в водотоках и водоемах, то не получится эффективно бороться с негативными последствиями урбанизации, индустриализации и развития сельского хозяйства, а это, в свою очередь, может привести регион к положению, в котором люди не будут обеспечены качественными водными ресурсами, что может повлечь за собой болезни и экономический спад.

В области, обладающей высокой плотностью речной сети, почти не осталось водных объектов, не поменявших свои свойства под воздействием антропогенной деятельности, но даже в таких условиях находятся водотоки, которые можно по ряду показателей считать условно неизменёнными. Река Красная едва ли не единственный эталон ненарушенной экосистемы малой реки. В ней обитают занесенные в Красную книгу Российской Федерации кумжа и форель ручьевая, что является одним из показателей чистоты воды. Поэтому 18-километровый участок р. Красной и её долина, расположенные в пределах хвойного лесного массива (Красный лес) и холмисто-грядового рельефа от государственной границы до п. Токаревка, в 1974 г. были объявлены особо охраняемой природной территорией – региональным памятником природы гидрологического профиля. Вдоль этого участка реки установлена охранная зона шириной 0,5 км по обоим берегам. Для сохранения природных и культурных достопримечательностей Красного леса и озера Виштынецкого организован природный парк «Виштынецкий», внутри которого река Красная включена в особую охраняемую зону [13].

Что касается географического положения: р. Красная трансграничная, относится к бассейну р. Анграпы и берет своё начало на Вармийско-Мазурской возвышенности с территории Польши. Устье реки находится на территории Российской Федерации, где река Красная впадает в реку Писса вблизи г. Гусева. Такое трансграничное расположение может вносить свои коррективы в уровень загрязнения воды. Помимо этого, на участке, следующем после п. Токаревка, активно ведется хозяйственная деятельность человека, что потенциально может стать источником загрязнения водотока. Да и естественные процессы, такие как жизненные циклы растительности, активно происходящие в лесной зоне, тоже могут воздействовать на химический состав воды, и не всегда это благоприятно влияет на ее качество [29; 30].

В связи со всем сказанным, река представляет интерес для систематического гидрохимического мониторинга, который по известным нам данным сейчас не проводится как государством, так и частными лицами. Основные актуальные исследования посвящены в большинстве физико-географическим и гидрологическим свойствам реки [3; 17; 24], а исследования химического состояния и загрязненности

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

реки [14] отчасти устарели. Цель нашего исследования: оценка пространственно-временной динамики загрязнения р. Красной по 4 гидрологическим сезонам 2022–2023 гг.

Материалы и методы

Природно-хозяйственные особенности бассейна реки Красной свидетельствуют о том, что поступление загрязняющих веществ носит диффузный характер в зонах сельскохозяйственного освоения и с большим количеством растительности, а точечный – на урбанизированных территориях. Вследствие этого принято решение определить 4 пункта мониторинга для измерения гидрологических параметров и отбора проб воды для химических анализов в следующих природно-антропогенных ландшафтах: верховье на территории РФ (1), граница лесных и сельскохозяйственных угодий (2), граница сельскохозяйственных угодий и крупных населенных пунктов (3), устье водотока (4). Пункты мониторинга представлены на рис. 1

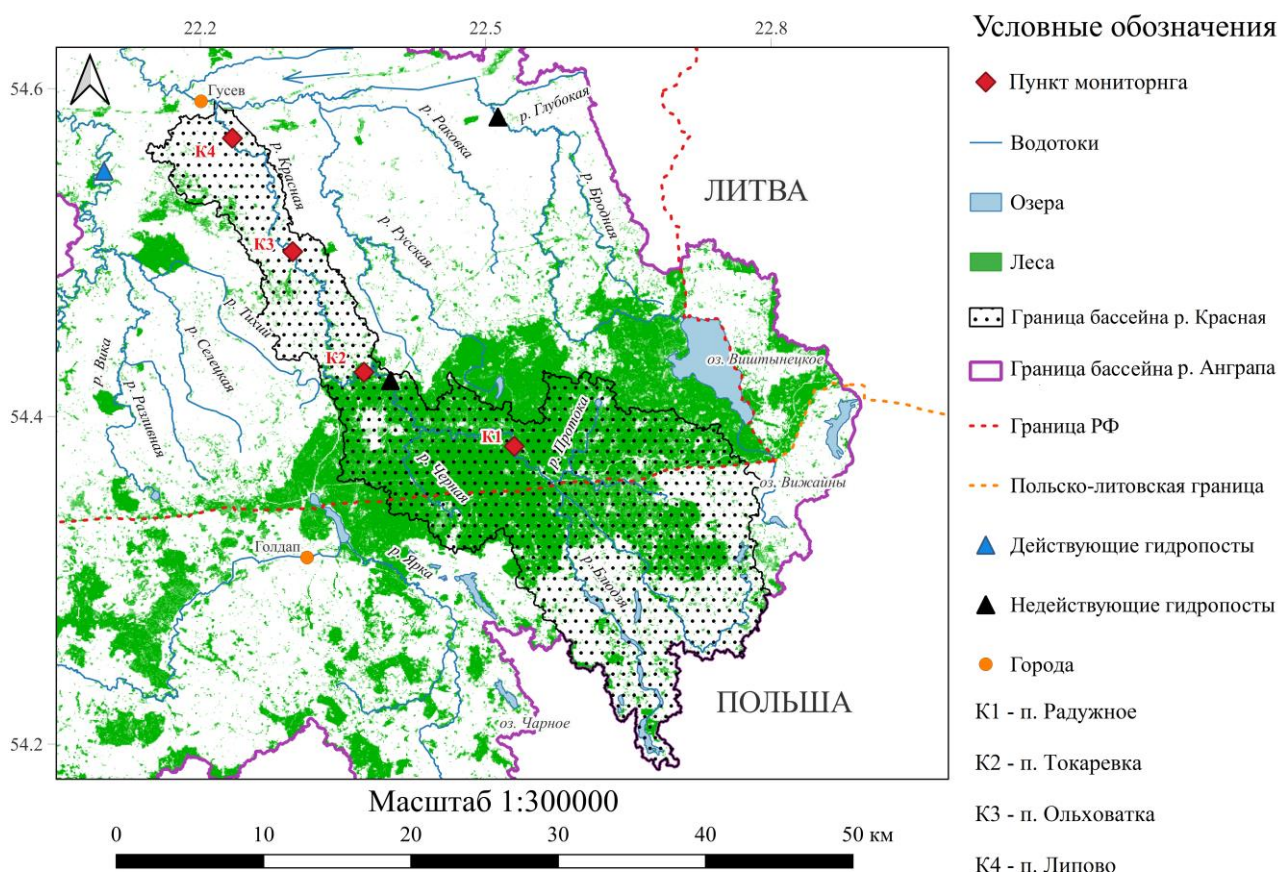


Рис. 1. Картограмма расположения реки Красной, её бассейна и локации пунктов мониторинга

Fig. 1. Location of the Krasnaya River, its basin and monitoring points

Полевые исследования реки были осуществлены в осенний (15.10.22), зимний (15.01.23), весенний (23.04.23) и летний (19.07.23) гидрологические сезоны. В процессе полевых исследований измерены скорость течения и средняя глубина рек, определены цветность, запах, мутность (ЕМФ – единицы мутности по формазину), температура, кислотный остаток воды и отобраны пробы воды для последующих химических анализов. Химические анализы проб проводились в лаборатории высшей школы живых систем БФУ им. И. Канта на перечень важнейших показателей. Органолептические показатели определены в соответствии с ГОСТ Р 57164-2016, взвешенные вещества – в соответствии с РД 52.24.468-2019, химическое потребление кислорода (ХПК) – ПНД Ф 14.1:2.4. 190-2003, биологическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅) – ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97, нитраты – ПНД Ф 14.1:2.4-95, нитриты – ПНД Ф 14.1:2:4.3-95, аммоний и аммонийный азот – ПНД Ф 14.1:2.1-95, фосфаты – ПНД Ф 14.1:2.1-95, сухой остаток – ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010, хлориды – ГОСТ 4245-72, сульфаты – ПНД Ф 14.1:2.159-2000, натрий, магний, калий, кальций – ПНД Ф 14.1:2.159-2000, железо – ПНД Ф 14.1:2.159-2000, нефтепродукты – ПНД Ф 14.1:2.116-97. Химические анализы проведены с помощью

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

прибора двухлучевой спектрофотометрии UV-1800 Shimadzu и системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М».

На основе собранных данных рассчитаны кратности превышения предельной допустимой концентрации (ПДК). Далее получен удельный комбинаторный индекс загрязнения воды (УКИЗВ) с учетом и без учета критических показателей загрязнения (КПЗ) для каждого пункта мониторинга за гидрологический год [19], а также индекс загрязнения воды (ИЗВ) для каждого пункта мониторинга в соответствующий сезон [5]. После расчета этих индексов пунктам присвоен соответствующий класс качества воды.

В работе использовались совмещенные списки ПДК загрязняющих веществ: ПДК₁[18] и ПДК₂[20] (табл. 1). Расчеты проводятся, исходя из самого строгого показателя в представленном списке.

Таблица 1

Совмещенный список ПДК
Combined list of maximum permissible concentrations

Наименование показателя	ПДК ₁	ПДК ₂	Наименование показателя	ПДК ₁	ПДК ₂
Цветность, градусы	-	20	Аммоний, мг/л	0,5	1,5
Запах, баллы	-	2	Фосфаты, мг/л	0,05	3,5
Мутность, ЕМФ	-	2	Хлориды, мг/л	300	350
Температура воды, °С	-	-	Сульфаты, мг/л	100	500
рН, ед	фон	6-9	Натрий, мг/л	120	200
Взвеш. вещества, мг/л	-	-	Магний, мг/л	40	-
Растворенный О ₂ , мг/л	≥ 6	-	Железо общее, мг/л	0,1	0,3
ХПК, мг/л	-	15	Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,1
БПК ₅ , мг/л	2,1	-	Соленость, мг/л	-	-
Нитраты, мг/л	40	45	Калий, мг/л	50	-
Нитриты, мг/л	0,08	3	Кальций, мг/л	180	-

Скорость течения воды, глубина и ширина русел измерены при помощи «Гидрологической микровертушки ГМЦМ-1» и измерительной строительной рулетки по принципу, описанному в своде правил [12]. Далее методом скорость – площадь были рассчитаны расходы в точках наблюдения.

Граница бассейна р. Красной построена на базе SRTM снимков в программном пакете SAGA GIS с использованием стандартного встроенного инструментария [2; 10; 25; 28]. При помощи ландшафтно-бассейнового подхода были построены схемы пространственной дифференциации ИЗВ и УКИЗВ [8; 14; 27]. Бассейн р. Красной был разделен на 4 участка, что соответствует количеству выбранных пунктов мониторинга. При формировании границ участков соблюдалась та же логика, что при выборе точек мониторинга. Стоит учесть, что в этом процессе более важна четкая визуализация распространения загрязнений в пространстве и выявление потенциального вектора возможных закономерностей относительно антропогенных и природных факторов для дальнейшего анализа сложившейся ситуации в бассейне, нежели высокая точность. Процентное распределение урбанизированных, сельскохозяйственных, лесных и других территорий представлено в табл. 2.

Таблица 2

Процентное распределение различных видов территорий в бассейне
Percentage distribution of different types of areas in the basin

Наименование участка	Площадь участка, км ²	Урбанизированная территория, %	Сельскохозяйственная территория, %	Лесная территория, %	Другое, %
Весь бассейн	508	1,97	15,02	74,61	8,40
К1	360	0,00	0,00	91,67	8,33
К2	67	0,00	25,37	67,16	7,47
К3	52	4,81	80,38	5,19	9,62
К4	29	25,86	60,34	6,90	6,90

Результаты и их обсуждения

Результаты полевых и лабораторных химических анализов представлены в табл. 3, точки маркированы в соответствии с картосхемой на рис. 1. В расчет УКИЗВ легли все вещества, по которым отмечены превышения ПДК с учетом их повторяемости. В расчете ИЗВ участвовали 6 наибольших кратностей ПДК в воде за сезон с обязательным включением растворенного кислорода и БПК₅ (используемые показатели выделены полужирным). Исходя из выявленных индексов, каждой точке был присвоен соответствующий класс качества воды.

Таблица 3

Гидрохимические показатели р. Красной
Hydrochemical indicators of the Krasnaya River

Сезон	Осень				Зима				Весна				Лето			
	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4
Пункты мониторинга	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4	К1	К2	К3	К4
Цветность, градусы	10	10	5	10	5	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5
Запах, баллы	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мутность, мг/л	15	5	6	10	15	10	15	25	5	5	5	5	5	5	5	5
t воды, °С	9,0	11,9	11,5	11,8	2,4	3,1	1,8	3,4	8,2	14,0	12,7	13,6	21,0	22,9	22,6	21,9
pH, ед	8,0	8,0	8,1	7,8	7,7	7,7	7,6	7,9	8,0	8,6	8,4	7,9	7,3	7,1	8,0	7,5
Взвеш. вещ., мг/л	12,05	13,17	10,85	13,82	0,19	0,22	0,12	0,11	0,06	0,16	0,10	0,08	5,81	17,28	16,47	14,54
Раств. О ₂ , мг/л	7,52	6,98	6,81	8,09	7,51	5,82	5,81	5,41	4,37	4,24	3,52	3,87	44,8	28,1	23,5	18,6
ХПК, мг/л	6,32	8,37	5,13	18,83	27,33	23,62	16,61	21,82	25,8	24,4	25,3	33,8	53,2	48,1	57,6	58,8
БПК ₅ , мг/л	3,83	4,36	2,80	9,37	0,7	1,3	6,7	3,1	2,0	2,0	4,8	0,6	2,8	2,5	4,2	4,8
Нитраты, мг/л	0,415	0,418	1,568	0,451	5,900	2,500	3,100	5,340	2,920	1,590	2,080	0,800	2,59	2,88	4,08	1,21
Нитриты, мг/л	0,11	0,01	0,01	0,32	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,005	0,001
Аммоний, мг/л	1,06	0,24	0,76	1,38	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,25	0,14	0,30	0,01	0,04	0,01	0,09
Фосфаты, мг/л	0,012	0,252	0,068	0,109	0,029	0,033	0,016	0,024	0,006	0,040	0,010	0,071	0,015	0,117	0,133	0,101
Сухой остаток, мг/л	0,57	0,45	1,32	0,63	0,31	0,28	0,27	0,40	0,01	0,11	0,06	0,02	0,16	1,34	0,18	2,01
Хлориды, мг/л	69,61	53,02	90,01	60,11	76,40	92,90	60,80	89,00	22,68	58,81	48,45	26,50	13,2	69,5	57,4	54,7
Сульфаты, мг/л	84,5	126,0	130,1	113,1	133,0	90,5	128,0	161,0	42,9	78,5	67,3	29,16	41,9	88,9	84,3	52,1
Натрий, мг/л	4,40	5,45	4,13	5,59	5,19	9,96	5,94	6,50	3,17	5,31	6,66	5,07	0,69	5,81	6,13	6,43
Магний, мг/л	8,41	9,03	7,91	10,33	12,10	15,18	13,34	13,89	7,66	8,32	9,15	9,59	5,39	12,71	9,55	11,82
Железо, мг/л	0,996	0,745	0,849	0,815	0,025	1,115	0,768	0,123	0,026	0,416	0,125	0,048	0,125	0,519	0,117	0,269
Нефтепродукты, мг/л	0,14	0,65	0,18	0,85	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,11	0,02	0,01	0,14	0,08	0,05	0,08
Соленость, мг/л	0,41	0,44	0,44	0,42	0,31	0,44	0,43	0,44	0,05	0,23	0,23	0,21	0,21	0,45	0,53	0,52
Калий, мг/л	1,10	2,02	5,16	1,99	3,74	2,60	2,34	2,49	2,36	2,52	2,47	1,99	1,38	1,64	1,71	1,7
Кальций, мг/л	51,5	44,96	48,37	61,67	76,40	83,90	80,20	91,40	38,63	46,41	46,33	59,86	25,83	71,84	52,21	63,31

*используемые показатели для расчета ИЗВ выделены полужирным

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

На основе полученных гидрохимических характеристик рассчитан и выражен в пространстве УКИЗВ за 2022–2023 гг. (рис. 2).

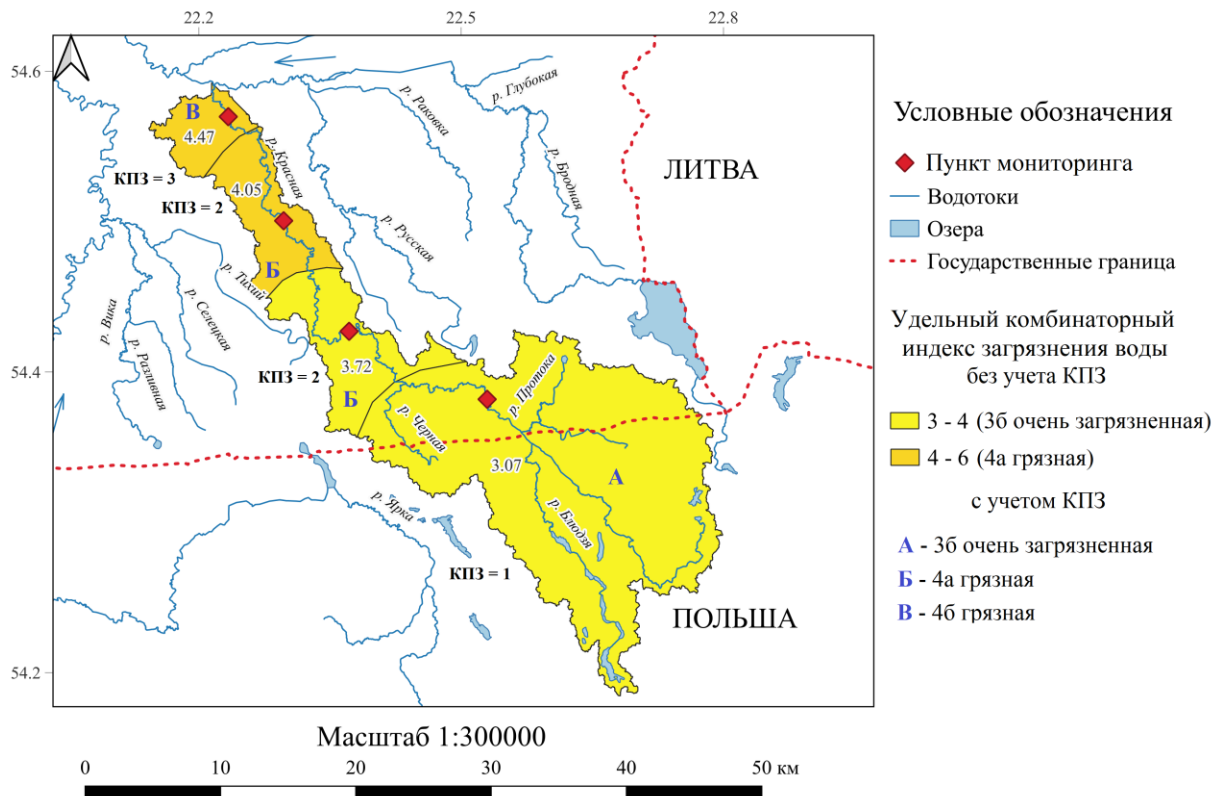


Рис. 2. Пространственная дифференциация УКИЗВ в бассейне р. Красной 2022–2023 гг.

Fig. 2. Spatial differentiation of the Specific Combinatory Water Pollution Index in the Krasnaya River basin in 2022–2023.

Исходя из рис 2., фиксируется классическая картина загрязнения водотоков от истока к устью, где урбанизация вместе с сельскохозяйственными землями выступают основными потенциальными источниками загрязнения, т.к. именно после пересечения зон их расположения качество воды ухудшается. Класс качества воды вниз по течению падает от 3б очень грязная до 4а грязная, а количество КПЗ увеличивается с 1 до 3. С учетом КПЗ класс качества воды хуже: от 3б очень грязная до 4б грязная. В целом состояние бассейна можно считать относительно хорошим, особенно в лесной зоне, где выполняются природоохранные мероприятия. Для более детального изучения сложившейся ситуации рассмотрим сезонную пространственно-временную изменчивость ИЗВ в бассейне р. Красной (рис. 3).

На рис. 3 пространственная тенденция изменчивости степени загрязненности сохраняется с небольшими отличиями. После выхода реки из лесной зоны качество воды всегда ухудшается, но тренд местами сменяется на улучшения по мере течения реки, что странно, потому что на этом участке нет впадений более чистых рек, а природно-хозяйственная обстановка становится более неблагоприятной для качества воды. С другой стороны, ИЗВ хоть и изменяется без явных причин в большую или меньшую сторону, но в небольших пределах, что наводит на мысли об однородном и равномерном (в какой-то мере) химическом загрязнении воды после п. Токаревка. Как видно из табл. 3, после выхода реки из лесной зоны показатели, отвечающие за рост ИЗВ в пунктах К2-К4, особо не изменяются, исключая некоторые частные случаи, такие как, например, показатели железа, превышения которых в регионе зачастую связывают с подземными водами, обогащенными этим веществом [6–7], и тогда пространственная привязка будет формироваться относительно глубины залегания таких вод по длине реки, а не хозяйственной деятельности человека. Также можно фиксировать несколько скачков концентраций фосфатов и нитритов, но это уже единичные случаи. Именно эти обстоятельства и закладывают большую неоднородность ИЗВ от точки К2 до К4.

Что касается временной изменчивости, здесь уже есть свои особенности. Самый загрязненный сезон – осень, у которой среднее значение ИЗВ 4,29 (класс качества воды – грязная), а максимальное – 6,19 (класс качества воды – очень грязная). Остальные сезоны имеют почти одинаковый средний ИЗВ

Экология и природопользование
 Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

– в диапазоне от 1,9 до 2,2 (класс качества воды – умеренно-загрязненные по верхней границе и загрязненные по нижней), но зимой в точках К1 и К4 отмечены самые низкие ИЗВ – 0,96 и 1,50 (класс качества воды – чистые по верхней границе и умеренно загрязненные по нижней), поэтому этот сезон можно считать самым благоприятным. Если не брать в расчет осенний сезон, вода достаточно чистая на всем протяжении реки, что оправдывает статус памятника природы гидрологического профиля.

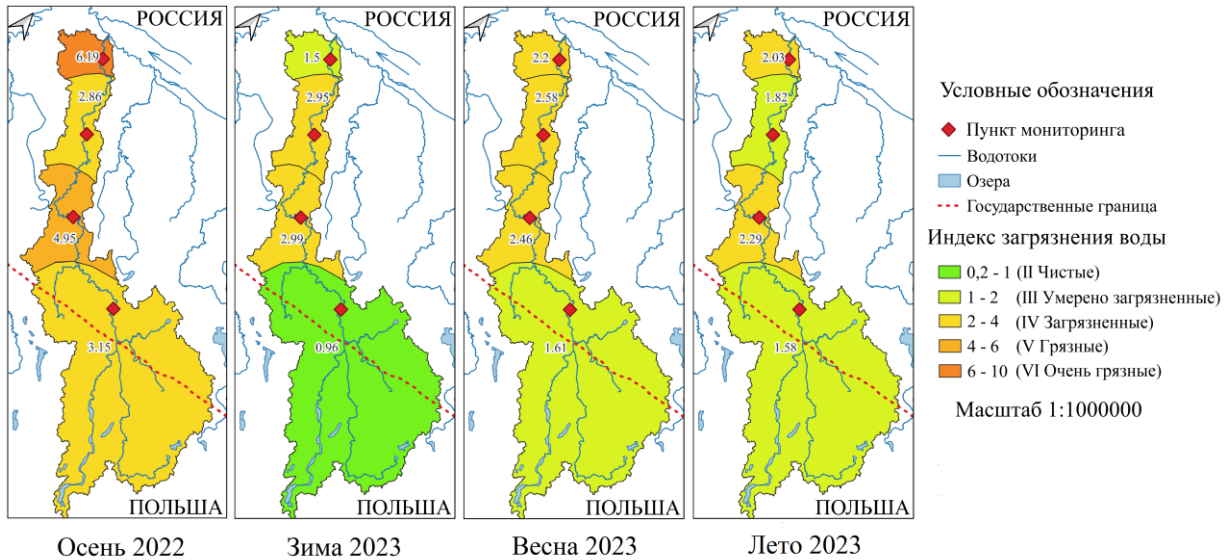
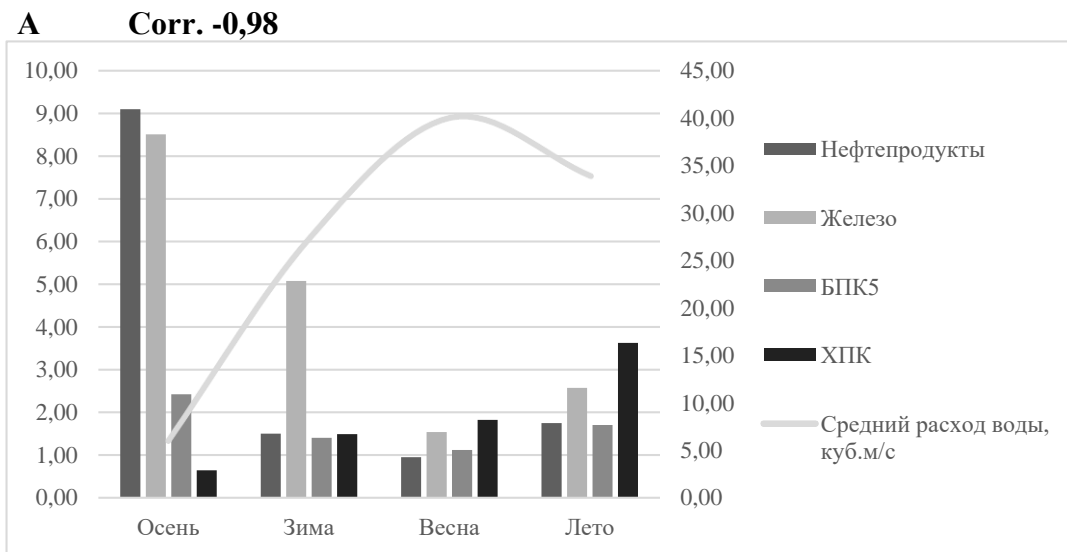


Рис. 3. Сезонная пространственно-временная изменчивость ИЗВ в бассейне р. Красной 2022–2023 гг.
 Fig. 3. Seasonal spatio-temporal variability of the WPI in the Krasnaya River basin in 2022–2023.

Какая-то явная привязка уровня загрязнения к сельскохозяйственным циклам отсутствует, хотя нередко случаи для региона, когда она отчетливо прослеживается [11; 23]. Наблюдаются связи качества воды с количественными характеристиками речного стока, с природными циклами водной и береговой растительности, помывкой автотранспорта. Для обоснования этих предположений проанализируем сезонную динамику ключевых загрязняющих веществ, воздействующих на качество воды и их взаимосвязь с характеристиками стока (рис. 4).



Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

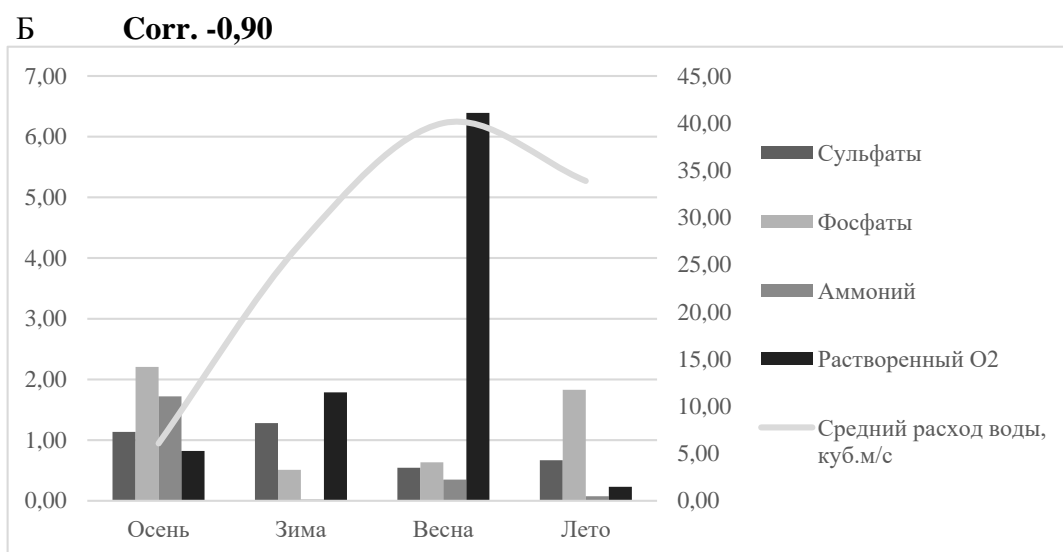


Рис. 4. Средние кратности превышения ПДК загрязняющих веществ (левая ось, раз) и средние расходы воды в реке во время пробоотбора (правая ось, м³/с) по всем точкам: А – систематические загрязнители; Б – несистематические загрязнители
Fig. 4. Average multiples of exceeding the maximum permissible concentration of pollutants (left axis, times) and average water flow rates in the river during sampling (right axis, m³/s) at all points: А – systematic pollutants; Б – non-systematic pollutants

Характеристикам стока необходимо уделять особое внимание, потому что этот показатель сильно влияет на концентрацию вещества [22]. В данном случае из рис. 4 видно, как расход воды напрямую влияет на кратность превышения ПДК по различным показателям. Коэффициент парной корреляции Пирсона между расходом воды и кратностью превышения стремится к -1 как для систематических, так и для несистематических загрязнений (с ростом расхода падает концентрация веществ). Это одна из причин, почему осенью качество воды было наихудшее, так как расход воды был очень низкий. В регионе очень сложно выделить классические гидрологические фазы водного режима, в целом внутригодовое распределение стока имеет следующую структуру [22; 21]. Порой даже она может не всегда соблюдаться из-за погодных условий, особенно в отношении малых водотоков, что и наблюдалось во время исследования. Наименьший расход воды (фактически межень) был измерен осенью, зимой он вырос до паводкового уровня, поскольку заморозки сменялись оттепелью, весной зимний паводок плавно перешел в небольшое половодье, но при этом летом оно не сменилось на явную межень, и расход воды остался в границах половодья. В Калининградской области летние паводки хоть и встречаются регулярно, но зачастую обладают куда меньшими показателями расхода, а величина стока осеней межени была очень низкой (тем более для середины осени, когда намного чаще наблюдается начало осенне-зимнего паводка), вплоть до почти полного пересыхания некоторых участков водотоков.

Осенью обнаружен небольшой выброс биогенных веществ вкпе с превышением показателей по БПК₅. Ориентировочно такая ситуация сложилась вследствие гибели растительности, которая активно развивалась летом. На протяжении всей реки имеется богатая флора, что подтверждается визуальным осмотром. Циклы развития большого количества береговой и водной растительности могут вносить серьезный вклад в качество воды, как положительный, так и отрицательный. Данных о химическом составе воды за лето, предшествующее осени, у нас нет, но если он похож на тот, что мы фиксировали летом 2023, то отчасти сложившуюся ситуацию с загрязнениями осенью можно объяснить процессами, связанными с разложением и окислением органики. Этим летом были отмечены огромные концентрации растворенного кислорода, что является численным выражением наличия большого количества водных растений, и это, безусловно, положительный фактор. Предположение об источнике растворенного кислорода хорошо ложится на динамику этого показателя: осенью средняя концентрация равняется 7,35 мг/л (остаточный кислород от деятельности растительности летом); зимой средняя концентрация уменьшается и равняется 6,1 мг/л (уменьшение кислорода вследствие отсутствия большого количества растений и сокращение интенсификации выделения ими кислорода, а также образование ледовой корки); весной средняя концентрация уменьшается еще сильнее – до 4,0 мг/л (конечный результат процессов описанных зимой); летом средняя концентрация существенно увеличивается до 28,8 мг/л

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

(развитие большего количества водной растительности, которое продуцирует кислород в воде). Если принять во внимание, что от осени к лету увеличивается расход воды в реке, то описанная градиация по этому показателю будет более явная. Дальнейшая гибель растительности приводит к тому, что большое количество биомассы во время разложения выбрасывает в воду аккумулярованные в ней вещества, что можно считать отрицательным фактором.

Интересная ситуация прослеживается и с показателями ХПК – оно повышается несмотря на тренд роста растворенного кислорода, снижающийся показатель БПК₅ и увеличение расхода воды от осени к лету. Пик ХПК достигается летом, и у нас есть на этот счет рабочая гипотеза. Во время отбора проб были отмечены неоднократные случаи мойки автотранспорта у реки. Моющие средства и содержащиеся в них жиры могут провоцировать рост ХПК. Летом потребность в этом действии возрастает, поскольку люди больше ездят на автомобилях, и они сильнее загрязняются из-за пыли, также меньше дождей, которые могли бы смывать грязь с машин и уменьшить количество взвеси в воздухе, плюс комфортная погода для мойки. Такие процессы могут дополнительно влиять и на прирост нефтепродуктов в воде.

Стоит сказать и про основные загрязнители: нефтепродукты и железо. Они фиксируются весь год, и привязка их количества есть только с характеристиками стока. Как говорилось ранее, железо, скорее всего, поступает из подземных вод, а нефтепродукты – постоянный загрязнитель, который почти всегда фиксируется в зонах с антропогенной деятельностью и не имеет какого-либо явного цикла.

Заключение

Вода в р. Красной загрязняется от истока к устью, согласно УКИЗВ. Класс качества воды по этому показателю в 2022–2023 гг. характеризуется в диапазоне от 3б очень грязная до 4а грязная, а с учетом КПЗ класс качества воды ниже, от 3б очень грязная до 4б грязная. Внутригодовая изменчивость рассмотрена посредством ИЗВ и имеет схожую пространственную интерпретацию, качество воды снижается от истока к устью с небольшими нюансами. Уровень загрязнения в точках К2-К4 очень схож, его разброс и несоответствие указанной ранее тенденции по большей части связан с показателями железа, которое не имеет привязки к антропогенной деятельности, вокруг которой и строилась пространственная изменчивость химического состава воды.

Временная изменчивость сложилась таким образом, что осень – самый загрязненный сезон со средним значением ИЗВ 4,29 (класс качества воды грязная), а максимальным – 6,19 (класс качества воды очень грязная). Остальные сезоны имеют почти одинаковый средний ИЗВ в диапазоне от 1,9 до 2,2 (класс качества воды умеренно-загрязненные по верхней границе и загрязненные по нижней), но зимой в точках К1 и К4 отмечены самые низкие ИЗВ – 0,96 и 1,50 (класс качества воды чистые по верхней границе и умеренно загрязненные по нижней), поэтому этот сезон можно считать самым благоприятным.

Основные загрязнители можно разделить на систематические (нефтепродукты, железо, БПК₅, ХПК) и несистематические (сульфаты фосфаты, аммоний и низкий уровень растворенного кислорода). Средние по 4 пунктам мониторинга кратности превышения ПДК систематических загрязнений колеблются в следующих диапазонах: нефтепродукты (от 0,95 до 9,10); железо (от 1,54 до 8,51); БПК₅ (от 1,12 до 2,42) и ХПК (от 0,64 до 3,63).

Обнаружена корреляция химических загрязнений с количественными характеристиками речного стока, природными циклами водной и береговой растительности, помывкой автотранспорта. Но эти связи пока несут гипотетический характер. Эмиссия железа и нефтепродуктов не вписываются в какую-то определенную закономерную систему. Источники первого – подземные воды, а второго – антропогенная деятельность.

Исходя из того, что качество воды в реках можно рассматривать как интегральный показатель экологической обстановки на их водосборах, то, с учётом этого допущения, ситуация в бассейне р. Красной оценивается как относительно удовлетворительная.

Библиографический список

1. Ахмедова Н.Р., Великанов Н.Л., Наумов В.А. Оценка качества воды малых водотоков Калининградской области // Вода: химия и экология. 2015. № 10. С. 19–24.
2. Балдаков Н.А., Кудишин А.В. Автоматизация расчета характеристик водосборного бассейна для решения задач моделирования поверхностного стока. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4, № 1. С. 83–89.
3. Берникова Т.А., Тылик К.В., Цветкова Н.Н. Физико-географическая характеристика реки Красной – памятника природы гидрологического профиля Калининградской области // Известия КГТУ. 2019. № 52. С. 11–23.
4. Валл Е.В., Ахмедова Н.Р. Эколого-гидрохимические исследования малых водотоков Калининградской области // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2021. Т. 7, № 4. С. 33–37.

Экология и природопользование

Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

5. Временные методические указания по комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Утв. Госкомгидрометом СССР 22.09.1986 г. № 250–1163. 5 с.
6. Глуценко А.И. Экологическое состояние и качество подземных вод Калининградского скважинного водозабора // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2008. № 1. 28 с.
7. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2021 году». Калининград: ООО «ВИА Калининград», 2022. С. 6–80.
8. Джамалов Р.Г., Мироненко А.А., Мяжкова К.Г. и др. Пространственно-временной анализ гидрохимического состава и загрязнения вод в бассейне Северной Двины // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, № 2. С. 149–160.
9. Домнин Д.А., Домнина А.Ю., Попова И.Ю. Анализ состояния биогенной нагрузки в бассейнах рек муниципального уровня с учётом удерживающей роли прудов // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 1 (61). С. 160–168. doi: 10.36698/2304-5957-2021-20-1-160-168.
10. Ермолаев О.П., Мальцев К.А., Мухарамова С.С. и др. Картографическая модель бассейновых геосистем малых рек водосбора реки Лены // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки, 2018. Т. 160, № 1. С. 126–144.
11. Зотов С.И., Спирин Ю.А., Таран В.С., Королева Ю.В. Гидрологические особенности и геоэкологическое состояние малых водотоков польдерных территорий Калининградской области // Географический вестник. 2021. № 3 (58). С. 92–106. doi: 10.17072/2079-7877-2021-3-92-106.
12. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства: СП 11-103-97: Одобрено Департаментом развития научно-технической политики и проектно-изыскательских работ Госстроя России (письмо от 10.07.97 № 9-1-1/69). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704792> (дата обращения 27.12.2023).
13. URL: <https://istok39.ru>. (дата обращения: 29.12.23).
14. Нагорнова Н.Н. Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области: дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2012. С. 8–19.
15. Нагорнова Н.Н., Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Гидрогеохимическая характеристика малых рек Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. № 7. С. 160–166.
16. Наумов В.А. Внутригодовое распределение стока рек Калининградской области в 2020 году // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2022. Т. 8, № 3. С. 35–44.
17. Наумов В.А., Ахмедова Н.Р. Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи / Калининградский государственный технический университет. Калининград, 2017. 183 с.
18. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 10 марта 2020 года)». URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>. (дата обращения: 29.12.23).
19. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039667>. (дата обращения: 29.12.23).
20. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>. (дата обращения: 29.12.23).
21. Спирин Ю.А. Анализ внутригодового распределения стока рек Славского района Калининградской области // Региональные геосистемы. 2020. Т. 44, № 2. С. 231–242. doi: 10.18413/2712-7443-2020-44-2-231-242.
22. Спирин Ю.А. Гидрологические характеристики речного стока в геоэкологических исследованиях поверхностных вод Славского района Калининградской области // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31, № 2. С. 185–197. doi: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-185-197.
23. Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Королева Ю.В. Сравнительный анализ химического состава воды водотоков Славского района Калининградской области по гидрологическим сезонам // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31, № 4. С. 425–436. doi: 10.35634/2412-9518-2021-31-4-425-436.
24. Тылик К.В. Гидроэкологические особенности реки Красной - памятника природы гидрологического профиля Калининградской области // Известия КГТУ. 2021. № 61. С. 39–50. doi: 10.46845/1997-3071-2021-61-39-50.
25. Чумаченко А.Н., Хворостухин Д.П., Морозова В.А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2018. Т. 18, № 2. С. 104–109.
26. Эйдельман Я.В., Королева Ю.В., Голубева Ю.В. Комплексная оценка загрязнения реки Преголи и акватории Калининградского залива // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 6-2 (96). С. 74–78. doi: 10.23670/IRJ.2020.96.6.051.
27. Lämmchen M., Klasmeyer J., Hernandez-Leal L., Berlekamp J. Spatial Modelling of Micro-pollutants in a Strongly Regulated Cross-border Lowland Catchment // Environmental Processes. 2021. Vol. 8. P. 973–992.
28. Lata I. Catchment Delineation for Vjosa River WEAP Model, using QGIS Software // Journal of International Environmental Application and Science. 2020. Vol. 15 (4). P. 203–215.
29. Tang JY, Cao PP, Xu C, Liu MS. Effects of aquatic plants during their decay and decomposition on water quality // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2013 Vol. 24 (1). P. 83–90.
30. Xiong H. Study on the release of carbon, nitrogen and phosphorus from the decomposition of aquatic plants // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2019. Vol. 384. P. 1–4.

References

1. Akhmedova N.R., Velikanov N.L., Naumov V.A. 2015, Assessment of the water quality of small watercourses in the Kaliningrad region, *Water: chemistry and ecology*, No. 10. p. 19–24. (in Russ).
2. Baldakov N.A., Kudishin A.V. 2019, Automation of calculation of watershed characteristics for solving surface runoff modeling problems, *Interexpo Geo-Siberia*, T. 4. No. 1. p. 83–89. (in Russ).

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

3. Bernikova T.A., Tylik K.V., Tsvetkova N.N. 2019, Physiographic characteristics of the Krasnaya River - a natural monument of hydrological profile of the Kaliningrad region, *News of KSTU*, No. 52. p. 11–23. (in Russ).
4. Wall E.V., Akhmedova N.R. 2021, Ecological and hydrochemical researches of small watercourses in the Kaliningrad region, *Bulletin of science and education of the North-West of Russia*, Vol. 7. No. 4. p. 33–37. (in Russ).
5. Temporary guidelines for a comprehensive assessment of the quality of surface and sea waters based on hydrochemical indicators. Approved State Committee for Hydrometeorology of the USSR 09.22.1986 No. 250-1163. 5 p. (in Russ).
6. Glushchenko A.I. 2008, Ecological state and quality of groundwater in the Kaliningrad borehole water intake, *Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant. Series: Natural and medical sciences*, No. 1. p. 28 (in Russ).
7. State report “On the environmental situation in the Kaliningrad region in 2021.” Kaliningrad: LLC “VIA Kaliningrad”, 2022. p. 6–80. (in Russ).
8. Dzhamalov R.G., Mironenko A.A., Myagkova K.G. and others. 2019, Spatio-temporal analysis of the hydrochemical composition and water pollution in the Northern Dvina basin, *Water Resources*, T. 46. No. 2. p. 149–160. (in Russ).
9. Domnin D.A., Domnina A.Yu., Popova I.Yu. 2021, Analysis of the state of nutrient load in river basins at the municipal level, taking into account the retaining role of ponds, *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, No. 1(61). p. 160–168. DOI 10.36698/2304-5957-2021-20-1-160-168. (in Russ).
10. Ermolaev O.P., Maltsev K.A., Mukharamova S.S. and others. 2018, Cartographic model of basin geosystems of small rivers in the Lena River catchment, *Scientific notes of Kazan University. Series: Natural Sciences*, T. 160. No. 1. p. 126–144. (in Russ).
11. Zotov S.I., Spirin Yu.A., Taran V.S., Koroleva Yu.V. 2021, Hydrological features and geoeological state of small watercourses in the polder territories of the Kaliningrad region, *Geographical Bulletin*, No. 3(58). p. 92–106. DOI 10.17072/2079-7877-2021-3-92-106. (in Russ).
12. Engineering and hydrometeorological surveys for construction: SP 11-103-97: Approved by the Department for the Development of Scientific and Technical Policy and Design and Survey Work of the State Construction Committee of Russia (letter dated July 10, 1997 No. 9-1-1/69) [Electronic resource]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/901704792> (access date 12/27/2023). (in Russ).
13. Istok [Electronic resource]. URL: <https://istok39.ru>. (access date: 12/29/23). (in Russ).
14. Nagornova N.N. 2012, Geoeological assessment of the state of small watercourses in the Kaliningrad region: dis. ...cand. geogr. Sci. Kaliningrad, p. 8–19. (in Russ).
15. Nagornova N.N., Bernikova T.A., Tsipikova N.A. 2011, Hydrogeochemical characteristics of small rivers of the Kaliningrad region, *Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant*, No. 7. P. 160-166. (in Russ).
16. Naumov V. A. 2022, Intra-annual distribution of river flow in the Kaliningrad region in 2020, *Bulletin of science and education of the North-West of Russia*, T. 8. No. 3. p. 35–44. (in Russ).
17. Naumov V.A., Akhmedova N.R. 2011, Engineering surveys in the Pregolya river basin, *Kaliningrad State Technical University*, Kaliningrad: 2017. p. 183 (in Russ).
18. On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance (as amended as of March 10, 2020)” [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120>. (access date: 12/29/23). (in Russ).
19. RD 52.24.643-2002 Guidelines. Method for a comprehensive assessment of the degree of contamination of surface waters based on hydrochemical indicators [Electronic resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039667>. (access date: 12/29/23). (in Russ).
20. SanPiN 2.1.4.1074-01 “Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for ensuring the safety of hot water supply systems” [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>. (access date: 12/29/23). (in Russ).
21. Spirin Yu. A. 2020, Analysis of the intra-annual distribution of river flow in the Slavsky district of the Kaliningrad region, *Regional geosystems*, T. 44. No. 2. p. 231–242. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-231-242. (in Russ).
22. Spirin Yu. A. 2021, Hydrological characteristics of river flow in geoeological studies of surface waters of the Slavsky district of the Kaliningrad region, *Bulletin of the Udmurt University. Ser. Biology. Geosciences*, Vol. 31, No. 2. p. 185–197. DOI: 10.35634/2412-9518-2021-31-2-185-197. (in Russ).
23. Spirin Yu.A., Zotov S.I., Taran V.S., Koroleva Yu.V. 2021, Comparative analysis of the chemical composition of water in watercourses of the Slavsky district of the Kaliningrad region according to hydrological seasons, *Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Geosciences*, T. 31. No. 4. p. 425–436. DOI 10.35634/2412-9518-2021-31-4-425-436. (in Russ).
24. Tylik K.V. 2021, Hydroecological features of the Krasnaya River - a natural monument of the hydrological profile of the Kaliningrad region, *News of KSTU*, No. 61. p. 39-50. DOI 10.46845/1997-3071-2021-61-39-50. (in Russ).
25. Chumachenko A.N., Khvorostukhin D.P., Morozova V.A. 2018, Construction of a hydrologically correct digital relief model (using the example of the Saratov region), *News of Saratov University. New episode. Series: Geosciences*, T. 18. No. 2. p. 104–109. (in Russ).
26. Eidelman Y.V., Koroleva Yu.V., Golubeva Yu.V. 2020, Comprehensive assessment of pollution of the Pregolya River and the waters of the Kaliningrad Bay, *International Scientific Research Journal*, No. 6-2(96). p. 74–78. DOI 10.23670/IRJ.2020.96.6.051. (in Russ).
27. Lämmchen M., Klasmeyer J., Hernandez-Leal L., Berlekamp J. 2021, Spatial Modeling of Micro-pollutants in a Strongly Regulated Cross-border Lowland Catchment, *Environmental Processes*, Vol. 8. p. 973–992.
28. Lata I. 2020, Catchment Delineation for Vjosa River WEAP Model, using QGIS Software, *Journal of International Environmental Application and Science*, Vol. 15(4). p. 203–215.
29. Tang JY, Cao PP, Xu C, Liu MS. 2013, Effects of aquatic plants during their decay and decomposition on water quality, *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, Vol. 24(1). p. 83–90.
30. Xiong H. 2019, Study on the release of carbon, nitrogen and phosphorus from the decomposition of aquatic plants, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 384. pp. 1–4.

Статья поступила в редакцию: 18.01.2024, одобрена после рецензирования: 18.03.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 18 January 2024; approved after review: 18 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Экология и природопользование
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Филимонова А.А.

Информация об авторах

Юрий Александрович Спирин

кандидат географических наук,
научный сотрудник лаборатории гидрологии,
Институт географии РАН;
117312, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, 37

Information about the authors

Yurij A. Spirin

Candidate of Geographical Sciences, Researcher,
Laboratory of Hydrology, Institute of Geography
of the Russian Academy of Sciences;
37, Vavilova st., Moscow, 117312, Russia

e-mail: spirin.yuriy@rambler.ru

Сергей Игоревич Зотов

доктор географических наук, профессор,
профессор Высшей школы живых систем,
Балтийский федеральный университет
им. И. Канта;
236041, Россия, г. Калининград, ул. Универси-
тетская, 2

Sergej I. Zotov

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Professor at Higher School of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University;

2, Universitetskaya st., Kaliningrad, 236041,
Russia

e-mail: zotov.prof@gmail.com

Вероника Сергеевна Таран

аспирант Высшей школы живых систем,
Балтийский федеральный университет
им. И. Канта;
236041, Россия, г. Калининград, ул. Универси-
тетская, 2

Veronika S. Taran

Postgraduate student, Higher School of Living
Systems, Immanuel Kant Baltic Federal
University;

2, Universitetskaya st., Kaliningrad, 236041,
Russia

e-mail: ronya.volkova@yandex.ru

Анна Алексеевна Филимонова

студент Высшей школы живых систем,
Балтийский федеральный университет
им. И. Канта;
236041, Россия, г. Калининград, ул. Универси-
тетская, 2

Anna A. Filimonova

Student, Higher School of Living Systems,
Immanuel Kant Baltic Federal University;

2, Universitetskaya st., Kaliningrad, 236041,
Russia

e-mail: anna23.01.2002@mail.ru

Вклад авторов

Спирин Ю.А. – расчет интегральных показателей, создание графического материала, анализ результатов, написание статьи.

Зотов С.И. – обработка материала, анализ результатов, структурирование материала, научное редактирование.

Таран В.С. – отбор проб воды и гидрологические измерения, гидрологические расчеты, проведение химических анализов, обработка материала, анализ результатов.

Филимонова А.А. – отбор проб воды, проведение химических анализов, обработка материала.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Yurij A. Spirin – calculation of integral indicators; creation of the graphic material; analysis of the results; writing of the article.

Sergej I. Zotov – material processing; analysis of the results; structuring of the material; scientific editing.

Veronika S. Taran – water sampling and hydrological measurements; hydrological calculations; chemical analyses; material processing; analysis of the results.

Anna A. Filimonova – water sampling; chemical analyses; material processing.

The authors declare no conflict of interest.

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Научная статья

УДК 502.36/57 + 504.05/06

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ПЕРВИЧНЫХ ИНДИКАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Андрей Михайлович Дрегуло

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

adregulo@bk.ru

Аннотация. Захоронение отходов «на земле/в почве» (в том числе на полигонах) – один из наиболее распространенных способов их изоляции. Однако данный способ обращения с отходами становится причиной появления объектов накопленного вреда окружающей среде (НВОС). Практика инвентаризации потенциальных объектов НВОС до настоящего времени недостаточно эффективна, особенно на этапе идентификации накопленного (хронического) экологического вреда/ущерба для инициирования процесса их внесения в государственный реестр НВОС и последующей ликвидации. Это выражается в том, что пока объект размещения/захоронения отходов находится в перечне государственного реестра объектов размещения отходов, официально его нельзя признать объектом НВОС. В данном случае обнаруженное негативное воздействие от объекта будет рассматриваться как экологическое правонарушение, а не как проявление накопленного (хронического) экологического вреда. В исследовании рассматриваются индикативные признаки техногенного влияния потенциальных объектов НВОС: полигон твердых коммунальных отходов, полигон осадков сточных вод и деградированные иловые площадки, рекультивированные карьеры добычи полезных ископаемых. Результаты исследования и систематизации геоэкологических факторов экологического вреда позволили нам обосновать 5 первичных индикативных признаков деградации компонентов природной среды от различного типа объектов НВОС. Сопоставление объектов НВОС по критерию подобия (загрязнения) на основе биномиального распределения показывает, что даже при депонировании одного типа отходов между объектами НВОС нет выраженных факторов схожести по загрязнению, а следовательно, первичная инвентаризация объектов НВОС может привести к ошибочным результатам, в т.ч. к увеличению объема работ и затрат на рекультивацию, вследствие чего эффективность дальнейших мероприятий по ликвидации НВОС будет значительно снижена.

Ключевые слова: накопленный вред окружающей среде, полигоны, отходы, подземное природное пространство, первичные признаки, захоронение отходов

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00034, <https://rscf.ru/project/23-27-00034/>.

Для цитирования: Дрегуло А.М. Идентификация объектов накопленного вреда окружающей среде на основе первичных индикативных признаков деградации подземного пространства // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 125–138. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

IDENTIFICATION OF OBJECTS OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE BASED ON PRIMARY INDICATIVE SIGNS OF DEGRADATION OF UNDERGROUND SPACE

Andrei M. Dregulo

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

Institute for Regional Economic Studies, RAS, Saint Petersburg, Russia

adregulo@bk.ru

Abstract. Disposal of waste in the soil is one of the most common ways to neutralize it. However, this entails significant risks to the environment, leading to the appearance of objects of accumulated environmental damage (AED). Despite the efforts made by the state (separate collection, prohibition of disposal of certain types of waste, etc.), it must be recognized that minimizing environmental damage associated with waste is only possible with an integrated approach to solving the problem. The objects of disposal or waste treatment are often formed as natural-and-technical systems that ensure environmental safety, having a number of distinctive features of their targeted exploitation. The life cycle of such natural-and-technical systems is determined by the time frame of exploitation or the volume of deposited waste, and therefore, systems of this type realize and exhaust their resource as accumulative systems (of collection / storage / disposal) of waste. The results of the study and systematization of geoecological factors of AED made it possible to formulate in the paper 5 primary indicative signs of degradation of territories and underground space caused by various



Экология и природопользование

Дрегуло А.М.

types of AED. Comparison of AED objects by similarity (pollution) criterion based on binomial distribution shows that even when depositing the same type of waste, there are no pronounced factors of similarity in pollution between objects: firstly, concentration values may differ by an order of magnitude, secondly, external conditions and similarity of composition in polluting components characterizing the operation of specific facilities may vary significantly – and therefore, primary inventory of AED factors can lead to erroneous results on which further work on the elimination of AED will depend, including an increase in the volume of work and the cost of reclamation.

Keywords: accumulated environmental damage, landfills, waste, underground natural space, primary signs, waste disposal

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-27-00034, <https://rscf.ru/project/23-27-00034/>

For citation: Dregulo, A.M. (2024). Identification of objects of accumulated environmental damage based on primary indicative signs of degradation of underground space. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 125–138. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

Введение

Деятельность по обращению с отходами без преувеличения является одной из труднорешаемых экологических проблем постиндустриального общества [26]. Для многих регионов РФ это проблема обостряется недостаточным финансированием [12], тарификацией услуг по обращению с отходами [21], отсутствием эффективной системы учета образовавшихся и утилизируемых отходов [15]. Несмотря на прикладываемые усилия со стороны государства (раздельный сбор, запрет на захоронение отдельных видов отходов и т.д.) [9], необходимо признать, что минимизация вреда окружающей среде, связанного с отходами, возможна только при комплексном подходе к решению проблемы.

Часто объекты захоронения или обработки отходов сформированы как природно-технические системы (ПТС). Жизненный цикл таких ПТС обусловлен временными рамками эксплуатации или объемами депонированных отходов, а следовательно, подобного типа ПТС реализуют и исчерпывают свой ресурс как *накопительные системы* (сбора/хранения/захоронения) отходов. Иначе – это длительный *процесс накопления* отходов, следствием которого является деградация почв [11], водных объектов [27], неконтролируемое выделение свалочных (в т.ч. парниковых) газов [30], возникновение техногенных ландшафтов [5; 27]. Осложняет проблему усиливающееся влияние климатических изменений (увеличение количества выпадения атмосферных осадков), которое становится причиной обводнения отходов, увеличения объема токсичного свалочного фильтрата, содержащего тяжелые металлы [22], органические и лекарственные соединения [29], бактерии кишечной палочки [23], микропластик [28] и др.

Учитывая непрерывный процесс *накопления* отходов, с течением времени подобные ПТС приобретают признаки хронического, накопленного вреда окружающей среде (НВОС). Однако (1) ведение государственного реестра объектов размещения отходов (ГРОРО) («объекты размещения отходов, введенные из эксплуатации, в том числе рекультивированные или законсервированные») [14], (2) практика включения потенциальных ОНВОС в государственный реестр (ГРОНВОС) [11], включая (3) методы первичной инвентаризации, (4) экологического контроля и мониторинга за потенциальными ОНВОС, не достаточны для выявления и ликвидации объектов НВОС (ОНВОС). Это выражается в том, что пока объект ПТС находится в перечне ГРОРО, его официально нельзя признать ОНВОС. Обнаруженное негативное воздействие в таком случае будет рассматриваться как экологическое правонарушение, а не как проявление *накопленного* (хронического) экологического вреда.

Проблема идентификации НВОС в мировой и российской практике

В мировой практике для идентификации и систематизации социально-экономических и экологических проблем хозяйственной деятельности используется комплекс мероприятий оценки кумулятивных эффектов. В значительной степени это влияние связано с захоронением отходов, что в свою очередь приводит не только к нарушению ассимиляционного потенциала окружающей среды, но и к снижению качества жизни населения, проживающего вблизи объектов негативного воздействия [32]. Одним из наиболее заметных шагов в направлении исправления ошибок постиндустриального общества стал принятый в 1980 г. в США «Закон о всеобъемлющих мерах по охране окружающей среды, компенсации и ответственности 1980 г.» (CERCLA) [33]. Этот закон и вносимые в него последующие поправки в 1986 г. (SARA) позволили выявить наиболее существенные проблемы при реализации Программы Суперфонда [34]. Несмотря на то, что программа достигла некоторых позитивных результатов,

путь от выявления экологического ущерба до восстановления территорий (ландшафта) и последующего их использования очень громоздок и не приводит к быстрому устранению негативных последствий и рисков для здоровья населения [30]. Хотя различные подходы к улучшению используются несколько десятилетий, вопросы, касающиеся экологического вреда, накопленного вследствие хозяйственной деятельности (включая трансграничного переноса загрязнений), часто окрашены политическим контекстом [31] и поэтому всегда являются дискуссионными в плане реализации и проведения СЕА на конкретной территории, т.е. в соответствии с национальными стандартами. В России понятие НВОС является интегральной характеристикой вреда (неважно вследствие чего он возник), в отличие от зарубежной практики выделения категорий хозяйственной деятельности, вследствие которой был нанесен ущерб (будь то сельскохозяйственная деятельность, туризм, промышленность и т.д.). На начало 2022 года в РФ в реестр объектов НЭВ внесено 442 объекта разного уровня опасности (вреда/ущерба), которые занимают площадь более 4200 км². Количество населения, проживающего на территориях, обремененных негативным воздействием вследствие расположения объектов НЭВ, составляет более 12,6 млн). В региональной практике проблему ликвидации ОНВОС наиболее практично рассматривать на примере крупных агломераций. Санкт-Петербургская агломерация – одна из крупнейших агломераций России с высокими темпами урбанизационных процессов [6; 19]. Особое место в развитии Санкт-Петербургской агломерации как крупнейшего экономического узла в Балтийском регионе занимает «экономика качества» жизни [10]. В это понятие, помимо различных аспектов развития жилищно-коммунального хозяйства, включается весь спектр урбанизационных проблем, которые решаются через ключевые направления: развитие транспортной сети [18], развитие регионального топливно-энергетического комплекса [1], совершенствование системы здравоохранения [17], цифровой трансформации городского управления и развития [12]. Однако проблема утилизации отходов и ликвидации ОНВОС вследствие прошлой хозяйственной (экономической) деятельности до настоящего времени остается одной из наиболее острых. Не последнюю очередь в этом играют промышленные предприятия. После широкой приватизации 1990-х гг. стало очевидным, что наибольшее негативное воздействие оказывают именно промышленные предприятия, а также предприятия, осуществляющие деятельность по обращению с отходами. Тем не менее руководство региональных предприятий стремится к реализации целей устойчивого развития и намерено для этого включаться в работу с городскими властями [4], что, вероятно, будет благоприятной основой для адаптации внутреннего городского пространства, обремененного ОНВОС, однако это требует совершенствования подходов идентификации объектов накопленного вреда окружающей среде. Цель статьи – выявление признаков деградации подземного природного пространства ПТС утилизации отходов для обоснования инициирования мероприятий отнесения их к объектам накопленного вреда окружающей среде (на примере ОНВОС, расположенных в Санкт-Петербургской агломерации).

Материалы и методы

В исследовании мы рассматриваем проблемы деградации природного подземного пространства под влиянием ПТС захоронения отходов – потенциальных ОНВОС, расположенных в водосборной части Финского залива на территории Санкт-Петербургской агломерации в России (рис. 1).

Под подземным природным пространством (в т.ч. в городской среде) мы подразумеваем «*часть недр, используемую в качестве среды для пребывания людей, размещения объектов производственной, научной и иной деятельности, а также используемую в качестве среды для протекания имеющих практическое применение процессов*» [9]. Данная трактовка несколько отличается от принятой в Законе РФ «О недрах» [3], тем не менее, на наш взгляд, она предлагает более точное определение предмета исследования. В работе рассматриваются индикативные признаки техногенного влияния потенциальных ОНВОС: полигон твердых коммунальных отходов (П_ТБО), полигон осадков сточных вод (П_ОСВ) и деградированные иловые площадки (ДИП). Отдельно мы рассматриваем практику захоронения отходов в котлованах – местах добычи полезных ископаемых (КДПИ) (рис. 2.).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

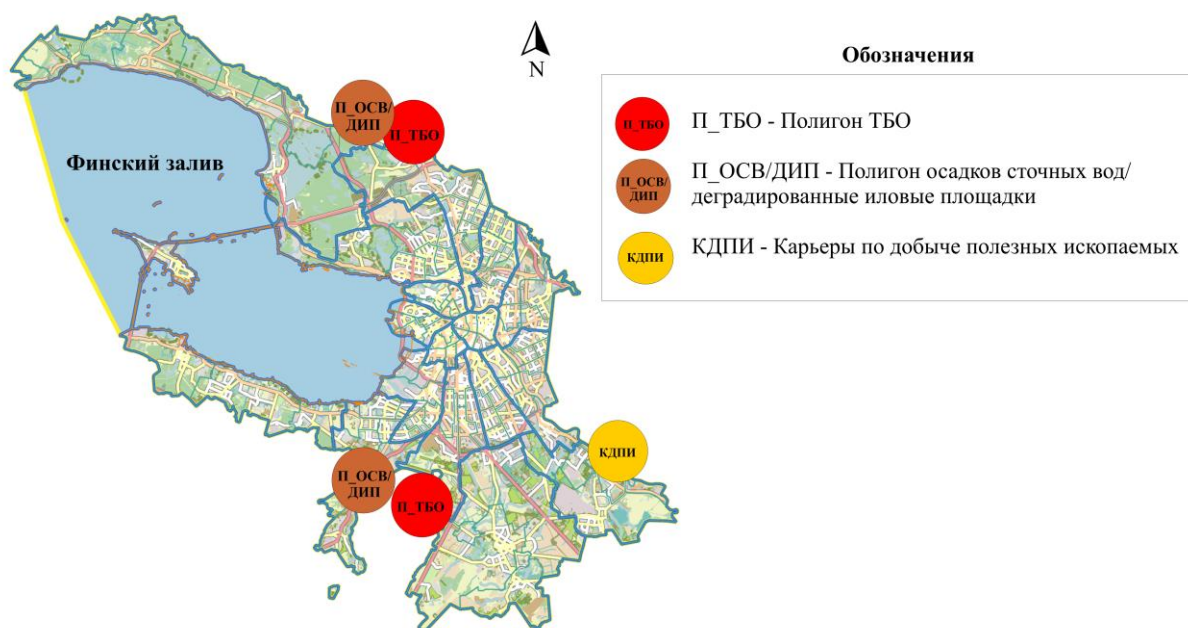


Рис. 1. Расположение объектов НВОС на территории Санкт-Петербурга

Fig. 1. Location of objects of accumulated environmental damage (AED) on the territory of St. Petersburg



Рис. 2. Потенциальные объекты НВОС (П_ТБО, П_ОСВ/ДИП, КДПИ) не включенные в ГРОНВОС

(составлено автором по материалам из открытых источников)

Fig. 2. Potential AED objects not included in the state register of AED objects

(compiled by the author based on materials from open sources)

Практика захоронения отходов в котлованах – местах добычи полезных ископаемых до настоящего времени используется в России (в частности, в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [8]), что, на наш взгляд, является вопиющим проявлением нарушения экологической безопасности, способствующим формированию новых ОНВОС.

Краткое описание исследуемых объектов НВОС:

• **П_ТБО.** Полигоны ТБО функционируют с 1970-х гг., на которых размещались преимущественно твердые коммунальные отходы (ТКО), а также частично производственные/строительные. Общая площадь составляет более 150 га, высота превышает 40 м. Один из полигонов рекултивирован укрытием грунта.

• **П_ОСВ/ДИП.** Полигоны осадков сточных вод общей площадью ~ 150 га были введены в эксплуатацию в 1980-х гг. Один из объектов был преобразован в полигон на территориях, где располагались иловые площадки, функционирующие с 1950-х гг. Эти сооружения не имели системы сбора фильтра, поверхность дна иловых площадок была сформирована из бетонного покрытия. В настоящее время иловые площадки используются под складирование шлама после промывки труб. При строительстве полигона (приращен к иловым площадкам) на новых участках были сформированы шламонакопители. С 2007 г. (после введения в эксплуатацию заводов по сжиганию осадков сточных вод (ОСВ)) на полигоне захоранивают золу от сжигания ОСВ.

• **КДПИ.** Комплекс малых объектов по добыче песка, располагающихся юго-восточной части Санкт-Петербурга в водосборной зоне р. Невы. После выемки полезных ископаемых в «чашу» котлована захоранивались ТКО, грунт, строительные отходы.

Методологический подход исследования основан на авторском методе идентификации НВОС [24], включающего: ассоциативный метод заключается в изучении объекта со сходными геоэкологическими свойствами и метод парных сравнений – альтернативы одному решению с целью изучения наиболее предпочтительных вариантов восстановления ОНВОС, идентификации общих и частных факторов, влияющих на процессы деградации ландшафта и сопряженной с ним инфраструктуры ПТС. Принципиальная новизна исследования заключается в новом подходе к идентификации ОНВОС, концептуально отличающемся от критериев категорирования объектов ОНВОС [11]. На сегодняшний день практика ликвидации ОНВОС в России основывается на трех главных критериях (всего семь), требующих длительного согласования с органами региональной (федеральной) власти и проведения комплекса инженерно-экологических работ. Нами был предложен и обоснован перечень из пяти ключевых индикативных признаков (критериев): (1) «Объект подвержен влиянию климатических факторов»; (2) «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры»; (3) «Существует риск деградации компонентов природной среды»; (4) «Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду»; (5) «В настоящее время объект находится в эксплуатации, способствующих деградации земель и подземного пространства», использование которых позволяет минимизировать затраты для получения первичной информации о состоянии ПТС как потенциального НВОС. В качестве материалов использовались открытые данные государственного реестра ОНВОС, фондовые данные, в частности были проанализированы фондовые материалы – ежегодные отчеты Санкт-Петербургского Центра экологической безопасности РАН за период с 2013–2022 гг. Динамика изменений выпадения атмосферных осадков определялась по данным ЯОД-архивов Web Аисори-М ВНИИГМИ-МЦД), за период более 50 лет по данным метеостанций, расположенных в Санкт-Петербурге и Ленинградской области (более 20 станций). В ходе работы использовались реестры ОНВОС за период с 2017–2023 гг. (8 итераций) для сравнительной характеристики вводимых объектов НВОС и оценки сроков их ликвидации. Для статистической обработки и визуализации данных использовались программные продукты QGIS, Surfer. Статистическую обработку данных (построение корреляционных матриц на основе коэффициента корреляции Пирсона измеряющего линейную связь между переменными загрязняющих веществ – 10 наименований) проводили по 3 объектам ОНВОС с привлечением инструментария библиотеки Python Seaborn: statistical data visualization (<https://seaborn.pydata.org/>). Такой подход позволил систематизировать индикативные признаки¹ деградации компонентов природной среды (подземного природного пространства) под воздействием ОНВОС.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день результирующая практика инвентаризации и оценки ОНВОС в России основывается на критериях: (1) площадь территории га/м²; (2) количество населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек; (3) количество населения, проживающего на территории, которая находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек (табл. 1).

¹ Термин «индикативный признак» в данном случае тождествен термину «ориентировочная оценка состояния» по рекомендуемому критерию оценки – описывает использование доступных фактических данных и экспертных заключений, отчетности о состоянии объекта, которые можно будет использовать на регулярной основе в качестве рекомендательных показателей на начальной стадии инициирования отнесения объекта к ОНВОС.

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 1.

Объекты НВОС, расположенные на территории Санкт-Петербургской агломерации
AED objects located on the territory of the Saint Petersburg agglomeration

№	Город/область	Объект НВОС включенные в ГРОНВОС	Площадь территории/ акватории, га/кв. км	Количество населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек	Количество населения, проживающего на территории, ОС которая находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения ОНВОС, (тыс. человек)
1	г. Санкт-Петербург (г. Зеленогорск)	Свалка на территории государственного природного заказника регионального значения «Озеро Щучье» участок 1	1,2	15,322	79,067
2	г. Санкт-Петербург	Приморская свалка в квартале 57Ж Северо-Приморской части Санкт-Петербурга	10,75	9,622	573,024
3	Санкт-Петербургская агломерация Ленинградская область (Тосненский район)	Полигон токсичных промышленных отходов «Красный Бор», Тосненский район, ЛО	67,4	316,995	6 363,42
4	Санкт-Петербургская агломерация Ленинградская область (г. Сосновый Бор)	Закрытая городская свалка ТБО	9,057	68,013	68,013

Как видно из табл. 1, все включенные в ГРОНВОС объекты являются ПТС по захоронению отходов. Следует также сказать, что наиболее вероятным критерием отнесения данных объектов в большей степени является именно политическое решение городских и федеральных властей. Например, один из наиболее опасных объектов НВОС – полигон «Красный Бор». С 2014 г. полигон закрыт, однако его рекультивация стала возможной только после передачи в 2020 г. в федеральную собственность и включения в проект «Чистая страна»². Свалка в Приморском районе (перспективное место для жилой/деловой застройки) длительное время не была ликвидирована из-за наличия обнаруженных токсичных отходов и, соответственно, отказа застройщиков от объекта вследствие обнаруженного загрязнения³. Свалка, расположенная в заказнике «Щучье Озеро», долгое время не эксплуатировалась, но только после расширения территорий (на которых находилась свалка заказника) ее внесли в ГРОНВОС. Закрытая свалка в г. Сосновый Бор в настоящее время рекультивирована. Мы склонны полагать, что вышеуказанный перечень НВОС (табл. 1) не является исчерпывающим. Функционирующие различные типы ПТС захоронения отходов, расположенные на территории Санкт-Петербурга, также имеют признаки НВОС. Однако для них не проводились мероприятия по включению в ГРОНВОС. На основе изучения указанных ПТС со сходными геоэкологическими свойствами НВОС были сформулированы 5 (пять) первичных индикативных признаков деградации территорий и подземного пространства (табл. 2).

² <https://www.gov.spb.ru/press/governor/236421/>

³ <https://mr-7.ru/articles/2023/06/27/primorskaia-svalka-potratis-26-milliarda-chtoby-raskopat-sovetskie-otkhody>

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 2

Индикативные признаки (геоэкологические факторы) НВОС, способствующие деградации земель и подземного пространства (составлено автором)
Indicative signs (geoecological factors) of AED objects contributing to the degradation of land and underground space (compiled by the author)

Тип ОНВОС	Индикативные признаки				
	Объект подвержен влиянию климатических факторов	На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры	Существует риск деградации компонентов природной среды	Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду	В настоящее время объект находится в эксплуатации
П_ТБО	+	-	+	+/- (частично)	+
П_ОСВ/ДИП	+	+	+	+/- (частично)	+
КДПИ	+	-	+	+ / - (частично)	+

Как видно из табл. 2, практически все типы ОНВОС имеют схожие геоэкологические индикативные признаки. Это позволяет их использовать для первичной (формальной) инвентаризации потенциальных ОНВОС. За исключением признака «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры», факт которого возможно установить только при согласии собственника объекта: во-первых, вследствие невозможности проведения инвентаризационных работ или отсутствия данных (П_ТБО), во-вторых, из-за возможного отсутствия самой инфраструктуры. Тем не менее этот признак очень важен с точки зрения (соответствия режима эксплуатации объекта нормативно-отраслевым требованиям) прогнозных оценок формирования очагов экологического вреда. В некоторых случаях практика деградации инфраструктуры (например, дренажной системы) целенаправленно может скрываться во избежание экологических штрафов [27]. Систематизируя данные потенциальных НВОС на основе биномиального распределения, были сопоставлены характеристики негативного воздействия НВОС по критерию подобия (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительные характеристики потенциального загрязнения от ОНВОС на основе биномиального распределения (составлено автором)
Comparative characteristics of potential pollution under the influence of AED objects based on a binomial distribution (compiled by the author)

Загрязняющее вещество	Объекты НВОС		
	П_ТБО	П_ОСВ/ДИП	КДПИ
	(1) превышает допустимые концентрации (0) не превышает допустимых концентраций		
Мышьяк, мг/кг	0	1	1
Кадмий, мг/кг	1	1	0
Медь, мг/кг	1	1	1
Никель, мг/кг	1	1	1
Свинец, мг/кг	1	1	1
Ртуть, мг/кг	1	1	0
Цинк, мг/кг	1	1	1
Нефтепродукты, мг/кг*	0	0	1
Бенз(а)пирен, мг/кг*	0	1	0
Сероводород, мг/кг	0	0	1

* *В настоящее время нет единого норматива по данному элементу, данные о фоновых концентрациях не идентичны у разных авторов (там, где концентрации были выше, фону присваивали значение, равное 1, где ниже или равно – присваивали значение 0). В некоторых исследованиях также отсутствовали те или иные показатели, элемент, которого не было, получал значение 0 (выделены в цвете).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Выбранные характеристики потенциального негативного воздействия (превышение ПДК загрязняющих веществ) от ОНВОС на основе биномиального распределения позволяют математически описать сравниваемые параметры негативного воздействия ОНВОС и определить сопоставимость загрязнения от разного типа ПТС. Для сопоставления ОНВОС по критерию подобия на основе данных табл. 3 была построена корреляционная матрица биномиального распределения признаков потенциального загрязнения (рис. 3).

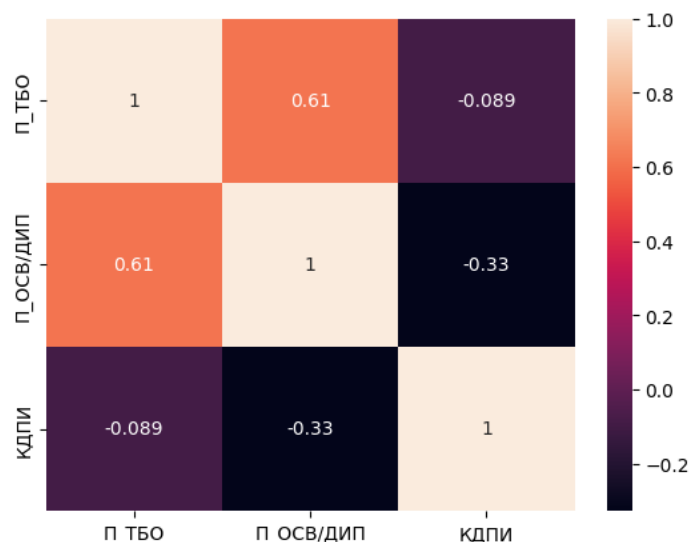


Рис. 3. Корреляционная матрица сходства ОНВОС по признакам загрязнения
Fig. 3. The correlation matrix of AED objects similarity in terms of pollution

Как видно из рис. 3, между ОНВОС нет выраженных факторов схожести, позволяющих формально их оценивать по критерию подобия. Значения корреляции П_ТБО: П_ОСВ/ДИП = 0,61; П_ОСВ/ДИП: КДПИ = - 0,33 и П_ТБО: КДПИ = - 0,089. Факт превышения концентраций загрязняющих веществ хотя и свидетельствует о накопленном (хроническом) экологическом вреде/ущербе, тем не менее подходить к проблеме его ликвидации следует более взвешенно: во-первых, значения концентраций загрязняющих веществ на ОНВОС могут отличаться на порядок, во-вторых, внешние условия и схожесть состава отходов (например, объектов типа П_ТБО и КДПИ) по загрязняющим компонентам могут значительно отличаться, а следовательно, первичная инвентаризация факторов НВОС может привести к ошибочным результатам и, вероятно: (1) ошибке в выборе способа ликвидации вреда (природоохранных мероприятий); (2) увеличению объема работ и затрат на рекультивацию или, наоборот, сформировать недостаточный перечень мероприятий санации/рекультивации ОНВОС. Именно поэтому процесс инициирования мероприятий отнесения различного типа ПТС к объектам накопленного вреда окружающей среде следует рассматривать на предпроектной стадии как совокупность индикативных и зачатую косвенных факторов, но в то же время взаимообусловленных геоэкологических факторов, в длительной перспективе обладающих постепенным усилением эффекта накопленного экологического вреда.

Первый признак. *Объект подвержен влиянию климатических факторов.* Динамика выпадения атмосферных осадков является принципиальным аспектом безопасного захоронения отходов «на земле/в почве». Динамика выпадения атмосферных осадков в регионе расположения НВОС показала, что выпадение атмосферных осадков превышало среднегодовые значения на 200 мм и более (рис. 4).

Рост выпадения атмосферных осадков мог способствовать деградации инженерных сетей вследствие обводнения отходов (отсутствия возможности отведения избыточной влаги) [27] и, как следствие, потере природозащитных свойств ПТС (второй признак). В частности, критический анализ нормативно-отраслевой практики эксплуатации ПТС обработки отходов водоотведения показывает, что этот фактор практически не учитывается [28].

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

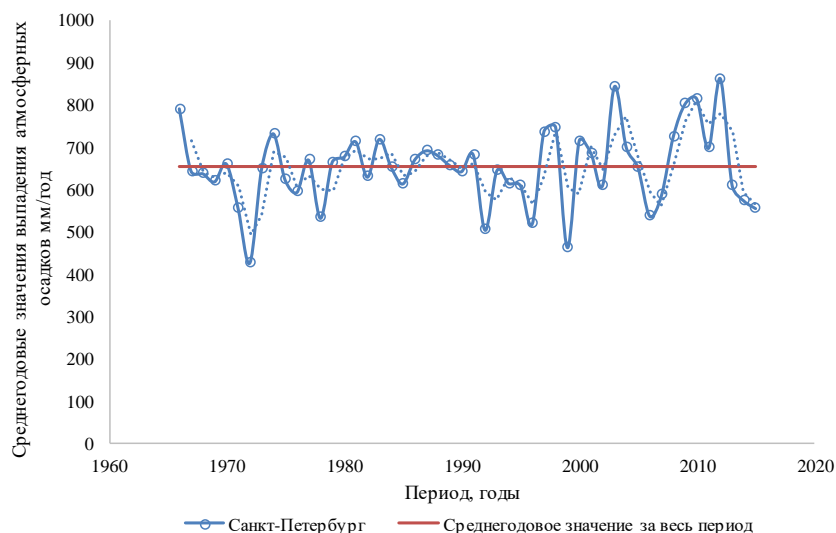


Рис. 4. Динамика выпадения атмосферных осадков районе расположения ОНВОС

Fig. 3. The correlation matrix of AED objects similarity in terms of pollution

Второй признак. На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры, или на объекте отсутствует система геоинженерной защиты. Избыточное обводнение отходов, утилизировать которые (например, после естественной сушки) практически невозможно, что стало причиной захламления (кольматации дренажной системы) инженерных сетей (рис. 5).

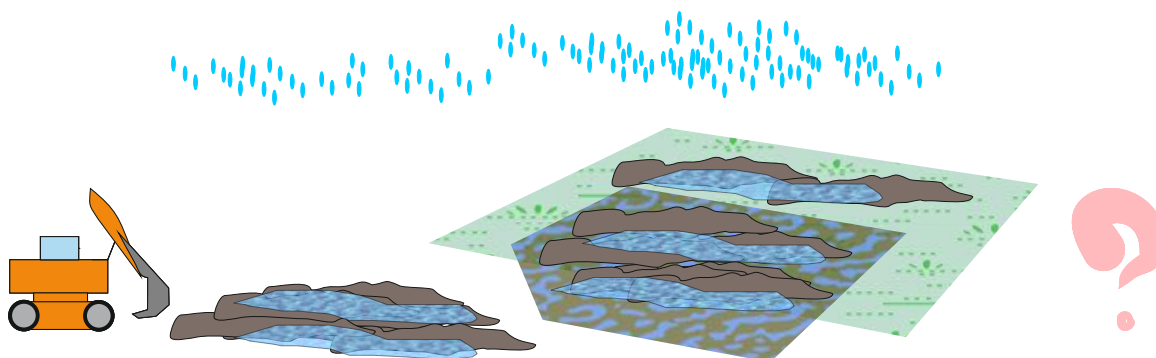


Рис. 5. Обводнение отходов как фактор деградации инфраструктуры (составлено автором)

Fig. 5. Waste watering as a factor of infrastructure degradation (prepared by the author)

Так как введенные в эксплуатацию в 1980-х гг. объекты типа (ДИП или КДПИ) не предусматривали наличие комплексной геоинженерной защиты, фильтрат дренировался в почву. Объекты ДИП использовались под длительное хранение отходов водоотведения, а не цикличную обработку в естественных условиях. Обводнение отходов различного органического состава зачастую провоцирует образование аноксидных зон в теле ПТС (полигона) и, как следствие, длительной (хронической) эмиссии свалочных газов. Как показывают исследования [29], особое внимание к проблеме негативного воздействия от объектов КДПИ стало уделяться из-за осязаемого (органолептического) обнаружения сероводорода в атмосферном воздухе, распространявшегося от КДПИ на жилые территории.

Третий признак. Существует риск деградации компонентов природной среды. В Федеральном законе № 89 «Об отходах производства и потребления» [29] под размещением отходов подразумевается хранение и захоронение отходов. Другими словами, «хранение и захоронение, согласно этому закону, имеет одно и то же значение – размещение». Закон [30] в редакции 2005 г. подразумевает «обезвреживание» как процесс, направленный на предотвращение хронического негативного воздействия. Проблема возникновения этого признака как потенциального фактора-детерминанта НВОС обнаруживается в изменении интерпретации термина «обезвреживание» (табл. 4).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 4

Термин «обезвреживание» отходов в разных редакциях
Федерального Закона «Об отходах производства и потребления»
The term "neutralization" of waste in various versions of the Federal Law "On Production and Consumption Waste"

В редакции «Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2005)	В редакции Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (текущая редакция)
«обезвреживание отходов – это обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду»	«обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов , изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание, за исключением сжигания, связанного с использованием твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов), и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду»

Согласно редакции ФЗ «Об отходах производства и потребления» от 2017 г., только при снижении влажности (а следовательно, и массы) отходов можно говорить о том, что отходы были обезврежены. Тем не менее совокупность вышеприведенных факторов дает основания считать их совместное влияние причиной деградации подземного природного пространства территорий, вмещающих потенциальные ОНВОС (рис. 6).

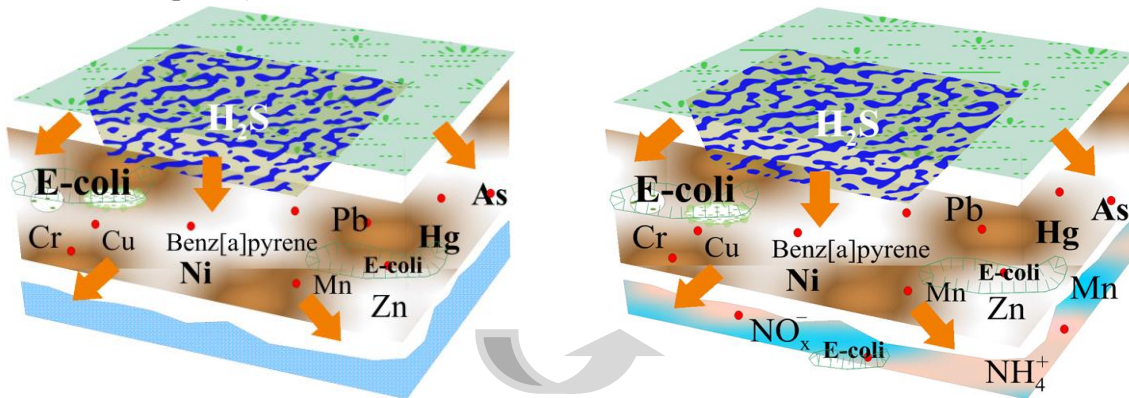


Рис. 6. Загрязнение почв, грунтовых вод и подземного пространства под воздействием ОНВОС (составлено автором)
Fig. 6. Pollution of soils, groundwaters, and underground space under the influence of AED objects (prepared by the author)

Сравнительный анализ негативного воздействия потенциальных ОНВОС типа П_ТБО, П_ОСВ/ДИП, КДПИ на окружающую среду показал значительные превышения концентраций тяжелых металлов в почвах в сравнении с фоновыми концентрациями в почвах Европейской части России: меди более чем в 45 раз, свинца более чем в 16 раз, цинка более чем в 5 раз, никеля более чем в 14 раз. Обнаруженная контаминация почв тяжелыми металлами характеризует степень загрязнения почв как «опасную» и «очень опасную». Учитывая усиливающееся выпадение атмосферных осадков в регионе (второй признак), деградация подземного пространства могла быть вызвана диффузией загрязняющих веществ в грунтовые и подземные воды. Загрязнение подземных вод, обнаруженное на П_ОСВ (в той части полигона, где располагаются ДИП), в значительной степени характеризуется превышением органических загрязнений (процессами органоминеральной деструкции органического вещества отходов): концентрация NH_4^+ более чем в 12 раз превышала фоновые концентрации подземных вод, NO_3 более чем в 10 раз, значения химического потребления кислорода в 4 раза превышали значения фона. Концентраций приоритетных (для полигонов депонирования отходов) загрязняющих веществ в подземных водах: железа – превышение в 15 раз, аммиака – превышение в 30 раз.

Четвертый признак. Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Этот признак важно учитывать с точки зрения оптимальности мер, применяемых в настоящее время или в прошлом, для снижения негативной нагрузки. В частности, для эксперта на начальном этапе это дает основания считать, что (1) экологический вред все-таки возможен и он хронический, (2) дает основание для проведения более глубокого геоэкологического мониторинга, на основе которого проводятся целевые природоохранные мероприятия на объекте. Далее ОНВОС вносится в государственный реестр, что позволяет получить дополнительное финансирование от государства. Иначе финансовые споры между собственниками и городскими властями стали бы причиной

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

затягивания решения ликвидации экологического вреда, а потерпевшей стороной как правило оказываются люди, проживающие вблизи ОНВОС.

Пятый признак. *В настоящее время объект находится в эксплуатации.* Как уже было отмечено выше, термин «объект накопленного вреда окружающей среде» обычно используют применительно к объектам, выведенным из хозяйственного оборота и включенным в реестр ОНВОС. Тем не менее объекты рассматриваемых типов П_ТБО, П_ОСВ/ДИП или КДПИ независимо от того, назовем мы их объектом захоронения или обработки отходов, являются источниками хронического негативного воздействия, влияющими на окружающую природную среду, иначе для них не предусматривалась бы рекультивация. Этот признак, по сути, определяет, как далее будет осуществляться работы по внесению объекта в реестр ОНВОС.

Выводы

Проведенное исследование позволило получить следующие принципиально важные аспекты развития системы геоэкологического мониторинга за потенциальными объектами НВОС:

- выявление признаков деградации подземного природного пространства ПТС захоронения отходов: (1) «Объект подвержен влиянию климатических факторов»; (2) «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры»; (3) «Существует риск деградации компонентов природной среды»; (4) «Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду»; (5) «В настоящее время объект находится в эксплуатации»; дает возможность более оперативно инициировать процесс их внесения в государственный реестр НВОС;

- сопоставление объектов НВОС по критерию подобия (загрязнения) на основе биномиального распределения между деградированными ПТС захоронения отходов показывает, что даже при депонировании одного типа отходов между объектами нет выраженных факторов схожести по загрязнению, а следовательно, первичная инвентаризация объектов НВОС может привести к ошибочным результатам, в т.ч. увеличению объема работ и затрат на рекультивацию, вследствие чего эффективность дальнейших мероприятий по ликвидации НВОС будет значительно снижена;

- процесс инициирования мероприятий отнесения различного типа ПТС к объектам накопленного вреда окружающей среде следует рассматривать на предпроектной стадии как совокупность индикативных и зачатую косвенных, но в то же время взаимообусловленных геоэкологических факторов, в длительной перспективе обладающих постепенным усилением эффекта накопленного экологического вреда;

- для каждой конкретной технологии почвенной утилизации отходов следует выработать отдельный подход для более эффективной первичной оценки НВОС.

Тем не менее мы полагаем, что предложенный подход идентификации объектов накопленного вреда окружающей среде на основе первичных индикативных признаков деградации подземного пространства следует использовать в комплексе с текущей практикой включения потенциальных ОНВОС в государственный реестр (ГРОНВОС). В целом исследование подтверждает необходимость совершенствования механизмов регулирования государственного экологического мониторинга, в том числе путем включения индикативных признаков деградации подземного пространства под воздействием ОНВОС.

Библиографический список

1. Бондарь Е.Г. Современное состояние и перспективы топливно-энергетического комплекса Санкт-Петербурга и Ленинградской области / Е.Г. Бондарь // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 2 (69). С. 71–77. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-71-77>
2. Дрегуло А.М., Кудрявцев А.В. Трансформация техноприродных систем водоотведения в объекты прошлого экологического ущерба: проблемы нормативно-законодательной базы. Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 3 (75). С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2018.20.3.54-62>
3. Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (дата обращения 27.06.2023)
4. Замятина М.Ф., Горин Е.А., Фесенко Р.С. Основные направления достижения целей устойчивого производства и потребления и их восприятие предприятиями (на примере Санкт-Петербурга). Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 1 (68). С. 67–80. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-67-80>
5. Каштерюк П.И., Пупырев Е.И., Лаврусевич А.А., Крашенинников В.С. Технология и режим эксплуатации полигонов депонирования иловых осадков как важнейшие факторы формирования геоэкологических условий окружающих территорий. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокириология. 2022. № 1. С. 30–38. URL: <https://doi.org/10.31857/S0869780922010064>
6. Корицнов И.В. Проблематика устойчивого развития в стратегиях регионов Северо-Западного федерального округа. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2023. № 1 (72). С. 8–17. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-1-8-17>
7. Кузнецов С.В. Цифровая трансформация петербургской промышленности: общие проблемы и системные решения / С.В. Кузнецов, Е.А. Горин // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 4 (71). С. 67–75. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-67-75>

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

8. Кулибаба В.В., Петухов В.В., Зинатулина Е.И., Меринова Е.С. Рекультивированные карьеры приневской низменности — специфическая разновидность объектов накопленного экологического ущерба. Региональная экология. 2016. № 1 (43). С. 108–114.
9. Модельный кодекс о недрах и недропользовании для государств-участников СНГ (принят постановлением Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ от 7 декабря 2002 г. № 20-8). URL: <https://base.garant.ru/2568378/> (дата обращения 23.06.2023)
10. Окрепилов В.В. Анализ и моделирование оценки качества жизни в экономике регионов на концептуальной основе экономики качества / В.В. Окрепилов, Н.Л. Гагулина // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 2 (69). С. 100–105. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-100-105>
11. Питулько В.М., Кулибаба В.В., Иванова В.В. Оценка воздействия объектов накопленного вреда на геосистемы малых рек. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 6. С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.31857/S0869780920060090>
12. Полтораднева Н.Л., Латыпова М.В. Особенности финансирования системы обращения твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы. Финансы и кредит. 2017. Т. 23, № 41. С. 2468–2484. URL: <https://doi.org/10.24891/фс.23.41.2468>
13. Постановление Правительства РФ от 13 апреля 2017 г. № 445 «Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде». URL: <http://static.government.ru/media/files/T1Kcfer2pK6fqAkgP2UW0JQ4oiJq6ttq.pdf> (дата обращения 23.10.2023)
14. Приказ Минприроды России от 30.09.2011 № 792 (ред. от 19.04.2023) «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2011 № 22313). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121841/c87218fd61563b6798e448f62895e362f499aa5c/ (дата обращения 23.10.2023)
15. Путинцева Н.А. Роль региональных операторов в организации раздельного накопления отходов. Петербургский экономический журнал. 2019. № 2. С. 101–111.
16. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/ (дата обращения 23.10.2023)
17. Сафарова А.А., Сафарова Г.Л. Ожидаемая продолжительность жизни в старших возрастах в регионах СЗФО России. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 3 (70). С. 176–186. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-176-186>
18. Соколова Е.В., Стариов Е.Д. Инфраструктурные вызовы глобальных городов: пример транспортной системы Санкт-Петербурга. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 3 (70). С. 120–132. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-120-132>
19. Солодилов В.В. Перспективы урбанизации Северной части Ломоносовского района Ленинградской области / В.В. Солодилов // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2023. № 3 (74). С. 173–183. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-3-173-183>
20. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения 23.10.2023)
21. Dregulo A.M. Waste Management Reform In Regions Of the Russian Federation: Implementation Issues on the Way To Sustainable Development / A. M. Dregulo, A. M. Khodachek // Geography, Environment, Sustainability. 2022. Vol. 15, No. 1. P. 6–13. URL: <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-078>
22. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Heavy Metals and Arsenic Soil Contamination Resulting from Wastewater Sludge Urban Landfill Disposal. Polish Journal of Environmental Studies. 2021. No. 30 (1). P. 81–89. URL: <https://doi.org/10.15244/pjoes/121989>
23. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Integrated Assessment of Groundwater Pollution from the Landfill of Sewage Sludge. Journal of Ecological Engineering. 2021. No. 22 (1). P. 68–75. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/128872>
24. Dregulo A.M. Brownfields, Environmental Stability and Renewable Energy: Pathways to Overcome the Imperfection of Cumulative Effect Assessment. Energies 2023. No. 16 (17). P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.3390/en16176218>
25. Dregulo A.M. Climate-neutral waste management in The Russian Federation: New approach to sludge treatment on drying beds under climate change. Journal of Water and Land Development. 2022. No. 52. P. 95–100. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140378>
26. Ferronato N., Torretta V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. No. 16 (6). P. 1–28. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
27. Hill S. Making garbage, making land, making cities: A global history of waste in and out of place. Global Environment. 2016. No. 9 (1). P. 166–195. URL: <https://www.jstor.org/stable/26413050>
28. Huerta Lwanga E., Santos-Echeandía J. Soil Remediation Under Microplastics Pollution. In: Rocha-Santos, T., Costa, M., Mouneyrac, C. (eds) Handbook of Microplastics in the Environment. Springer, Cham. 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_23-1
29. Santana J.M., Fraga S.V.B., Zanatta M.C.K., Martins M.R., Pires M.S.G. Characterization of organic compounds and drugs in sewage sludge aiming for agricultural recycling. Heliyon. 2021. No. 7 (4). P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06771>
30. Lioy P.J., Burke T. Superfund: is it safe to go home? Journal of exposure science & environmental epidemiology, 2010. No. 20 (2). P. 113–114. URL: <https://doi.org/10.1038/jes.2009.69>
31. Mitchell R.B. International environmental agreements: A Survey of Their Features, Formation, and Effects. Annual Review of Environment and Resources, 2003. No. 28 (1). P. 429–461. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105603>
32. Njoku P.O., Edokpayi J.N., Odiyo J.O. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. International journal of environmental research and public health, 2019. No. 16 (12). P. 21–25. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
33. Superfund: CERCLA Overview. URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview> (дата обращения 18.02.2024)

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

34. Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA). URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-amendments-and-reauthorization-act-sara> (дата обращения 18.02.2024)

35. Ziyang L., Luochun W., Nanwen Z., Youcai Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: A review. *Chemosphere*. 2015. No. 131. P. 91–103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.036>

References

1. Bondar, E. G. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy toplivno-energeticheskogo kompleksa Sankt-Peterburga i Leningradskoy oblasti* [The current state and prospects of the fuel and energy complex of St. Petersburg and the Leningrad region]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 2(69), P.71–77. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-71-77> (in Russia)

2. Dregulo A.M., Kudryavcev A.V. *Transformatsiya tekhnoprirodnikh sistem vodootvedeniya v obyektu proshlogo ekologicheskogo vozdeystviya: problemy normativno-zakonodatel'noy bazy* [Transformation of techno-natural systems of water treatment to objects of past environmental damage: peculiarities of the legal and regulatory framework]. *Water and Ecology*, 2018. No. 23(3), P.54–62. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2018.20.3.54-62> (in Russia)

3. *Zakon RF "O nedrakh" ot 21.02.1992 N 2395-I*. [The Law of the Russian Federation "On Subsoil" dated 02/21/1992 N 2395-1] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (accessed 27.06.2023) (in Russia)

4. Zamyatina, M. F., Gorin, E. A., Fesenko, R. S. *Osnovnyye napravleniya dostizheniya tseley vklyuchayut proizvodstvo i potrebleniye i pogloshcheniye ikh predpriyatiyami (po printsipu Sankt-Peterburga)* [The main directions for achieving the goals of sustainable production and consumption and their perception by enterprises (St. Petersburg case)]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 1(68), P. 67–80. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-67-80> (in Russia)

5. Kashperyuk P.I., Pupyrev E.I., Lavrusevich A.A., Krashennnikov V.S. *Tekhnologiya i rezhim ekspluatatsii poligonov depozirovaniya ilovykh primesey kak vazhneyshiyeh faktorov, formiruyushchiye geokologicheskiye usloviya na prilgayushchikh territoriyakh*. [Technology and operation mode of sludge deposition polygons as important geoenvironmental factors for surrounding areas]. *Geokologiya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2022. No. 1, P.30–38. <https://doi.org/10.31857/s0869780922010064> (in Russia)

6. Korshunov, I. V. *Problema problematiki razvitiya v strategiyakh regionov Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga* [The problems of sustainable development in regional strategies of the northwest federal district]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2023. No. 1(72), P. 8–17. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-1-8-17> (in Russia)

7. Kuznetsov, S.V., Gorin, E.A. *Tsifrovaya transformatsiya peterburgskoy promyshlennosti: obshchiye problemy i sistemnyye resheniya* [Digital transformation of St. Petersburg industry: common problems and system solutions]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 4(71), P. 67–75. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-67-75> (in Russia)

8. Kulibaba V.V., Petukhov V.V., Zinatulina E.I., Merinova E. S. *Rekul'tivirovannyye kar'yery prinevskoy nizmennosti — spetsificheskkiye proyavleniya ob'yektov nakoplennoy ekologicheskogo ushcherba* [Assessment of past ecological damage open pits in the Neva lowland]. *Regional ecology*, 2016. No. 1(43), P.108–114 (in Russia)

9. *Model'nyy kodeks o nedrakh i nedropol'zovanii dlya gosudarstv - uchastnikov SNG (prinyat postanovleniyem Mezhparyament'skoy gruppy gosudarstv - uchastnikov SNG ot 7 dekabrya 2002 g. N 20-8* [Model Code on Subsoil and Subsoil Use for the CIS Member States (adopted by Resolution of the Interparliamentary Assembly of the CIS Member States of December 7, 2002 N 20-8)] <https://base.garant.ru/2568378/> (accessed 23.06.2023) (in Russia)

10. Okrepilov, V.V., Gagulina, N.L. *Analiz i modelirovaniye ocenki kachestva zhizni v ekonomike regionov na konceptual'noy osnove ekonomiki kachestva* [The analysis and modeling of quality of life assessment of the region's economy on the conceptual basis of economics of quality]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 2(69), P. 100–105. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-100-105> (in Russia)

11. Pitulko V.M., Kulibaba V.V., Ivanova V.V. *Otsenka vozdeystviya ob'yektov nakoplennoy vreda na geosistemy melkikh rek* [Assessment of accumulated environmental damage impact on small river geosystems]. *Geokologiya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*, 2020. No. 6, P. 54–62. <https://doi.org/10.31857/s0869780920060090> (in Russia)

12. Poltoradnaya, N. L., Latypova, M. V. *Osobennosti sistem finansirovaniya obrashcheniya prochnymi kommunal'nymi otkhodami v Rossii: problemy i perspektivy* [The financing of the municipal solid waste treatment system in Russia: Challenges and prospects]. *Finance and Credit*, 2017. No. 23(41), P. 2468–2484. <https://doi.org/10.24891/fc.23.41.246> (in Russia)

13. *Postanovleniye razvitiya RF ot 13 aprelya 2017 g. № 445 "Ob utverzhdenii Pravil vedeniya reyestra ob'yektov nakopleniya vreda okruzhayushchey sredy"* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 445 dated April 13, 2017 "On Approval of the Rules for Maintaining the State Register of Objects of Accumulated Environmental Damage"] <http://static.government.ru/media/files/T1Kcfer2pK6fqAkgP2UW0JQ4oiJq6ttq.pdf> (accessed 23.10.2023) (in Russia)

14. *Prikaz Minprirody Rossii ot 30.09.2011 N 792 (red. ot 19.04.2023) "Ob utverzhdenii Poryadka vedeniya gosudarstvennogo kadastra otkhodov" (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 16.11.2011 N 22313)* [Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 30.09.2011 N 792 (ed. dated 04/19/2023) "On approval of the Procedure for Maintaining the State Waste Cadastre" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 11/16/2011 N 22313)] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121841/c87218fd61563b6798e448f62895e362f499aa5c/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)

15. Putinceva N.A. *Rol' regional'nykh operatorov organizatsii v razdel'nom sbore otkhodov* [Role regional operators in the organisation split accumulation waste]. *Region economy*, 2019. No. 2. P. 101–111 (in Russia)

16. *Rasporyazheniye razrabotki RF ot 25.07.2017 N 1589-r "Ob utverzhdenii perechnya vidov otkhodov proizvodstva i potrebleniya, v sostav kotorykh vkhodyat poleznye komponenty, zapreshcheniye zapreta na zakhoroneniye"* [Order of the Government of the Russian Federation dated 25.07.2017 N 1589-r "On approval of the list of types of production and consumption waste, which include useful components, the burial of which is prohibited"] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)

17. Safarova, A. A., Safarova, G. L. *Ozhidayemaya prodolzhitel'nost' zhizni v starshikh vozrastakh v regionakh SZFO Rossii* [Life expectancy at older ages in the regions of the northwestern federal district of Russia]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 3(70), P. 176–186. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-176-186> (in Russia)

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

18. Sokolova, E. V., Starshov, E. D. *Infrastrukturnyye vyzovy gorodov: primer transportnoy sistemy Sankt-Peterburga* [Infrastructural challenges of global cities: the case of st. Petersburg transportation system]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*. 2022. No. 3(70), 120–132. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-120-132> (in Russia)
19. Solodilov, V.V. *Perspektivy urbanizatsii severnoy chasti lomonosovskogo rajona leningradskoj oblasti* [The urbanization perspectives of the northern part of the lomonosovsky district of the leningrad region]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 3(74), 173–183. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-3-173-183> (in Russia)
20. *Federal'nyy zakon "Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya" ot 24.06.1998 N 89-FZ* [Federal Law "On Production and Consumption Waste" dated 24.06.1998 N 89-FZ] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)
21. Dregulo, A. M. Waste Management Reform In Regions Of the Russian Federation: Implementation Issues on the Way To Sustainable Development / A. M. Dregulo, A. M. Khodachek // *Geography, Environment, Sustainability*. 2022. Vol. 15, No. 1. P. 6-13. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-078>
22. Dregulo, A.M., Bobylev, N.G. Heavy Metals and Arsenic Soil Contamination Resulting from Wastewater Sludge Urban Landfill Disposal. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2021. 30(1), P. 81-89. <https://doi.org/10.15244/pjoes/121989>
23. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Integrated Assessment of Groundwater Pollution from the Landfill of Sewage Sludge. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. No.22(1), P. 68-75. <https://doi.org/10.12911/22998993/128872>
24. Dregulo, A. M. Brownfields, Environmental Stability and Renewable Energy: Pathways to Overcome the Imperfection of Cumulative Effect Assessment. *Energies*. 2023. 16(17), P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/en16176218>
25. Dregulo, A. M. Climate-neutral waste management in The Russian Federation: New approach to sludge treatment on drying beds under climate change. *Journal of Water and Land Development*. 2022. No. 52, P. 95-100. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140378>
26. Ferronato, N., Torretta, V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. No. 16(6), P. 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
27. Hill, S. Making garbage, making land, making cities: A global history of waste in and out of place. *Global Environment*. 2016. No. 9(1), P. 166–195. <https://www.jstor.org/stable/26413050>
28. Huerta Lwanga, E., Santos-Echeandía, J. Soil Remediation Under Microplastics Pollution. In: Rocha-Santos, T., Costa, M., Mouneyrac, C. (eds) *Handbook of Microplastics in the Environment*. Springer. 2021. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_23-1
29. Santana, J. M., Fraga, S. V. B., Zanatta, M. C. K., Martins, M. R., Pires, M. S. G. Characterization of organic compounds and drugs in sewage sludge aiming for agricultural recycling. *Heliyon*. 2021. No. 7(4), P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06771>
30. Liroy, P.J., Burkeb T. Superfund: is it safe to go home? *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 2010. No. 20(2), pp. 113-114. <https://doi.org/10.1038/jes.2009.69>
31. Mitchell, R.B. International environmental agreements: A Survey of Their Features, Formation, and Effects. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003. No. 28(1), 429–461. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105603>
32. Njoku, P. O., Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 2019. No. 16(12), 2125. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
33. Superfund: CERCLA Overview URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview> (accessed 18.02.2024)
34. Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-amendments-and-reauthorization-act-sara> (accessed 18.02.2024)
35. Ziyang, L., Luochun, W., Nanwen, Z., Youcai, Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: A review. *Chemosphere*. 2015. No. 131, P. 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.036>

Статья поступила в редакцию: 18.01.2024, одобрена после рецензирования: 29.03.2024, принята к опубликованию: 12.03.2023.
The article was submitted: 18 January 2024; approved after review: 29 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Андрей Михайлович Дрегуло

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рационального природопользования, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена; 191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 48

ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования функционально-пространственного развития городов, Институт проблем региональной экономики РАН;

190013, г. Санкт-Петербург, ул. Серпуховская, 38

Information about the author

Andrei M. Dregulo

Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Rational Nature Management, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;

48, Moika Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia;

Leading Researcher, Laboratory for Mathematical Modeling of Functional-and-Spatial Development of Cities, Institute for Regional Economic Studies of the Russian Academy of Sciences;

38, Serpukhovskaya st., Saint Petersburg, 190013, Russia

e-mail: adregulo@bk.ru

Научная статья

УДК 504.54

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151

ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ**Екатерина Алексеевна Дзюба**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

aea_eco@mail.ru, Scopus Author ID: 57217048414, SPIN-код: 1070-5404

Аннотация. Разработано природно-техногенное геохимическое районирования Пермского края. В регионе развита добывающая промышленность, и изучение пространственного распределения элементов представляет значительный теоретический и практический интерес. В ходе исследования были получены фоновые содержания, характеризующие естественный геохимический фон региона. Отдельно были исследованы территории, на которых отмечается высокая степень антропогенной трансформации природной среды. В результате проведения кластерного анализа были выделены природно-техногенные геохимические районы, для всех районов была определена геохимическая специализация, выделена ассоциация элементов: Северный Урал лито-sidero-халькофильной специализации с ванадий-цинково-полиметаллической ассоциацией; Западный Урал лито-sidero-халькофильной специализации с ванадий-полиметаллической ассоциацией; Кизеловский угольный бассейн sidero-халько-литофильной специализации с кобальт-марганцево-полиметаллической ассоциацией; Средняя тайга sidero-халькофильной специализации с марганцево-свинцовой ассоциацией; Южная тайга лито-халькофильной специализации со стронций-цинковой ассоциацией; Верхнекамское месторождение калийных солей sidero-лито-халькофильной специализации с кобальт-полиметаллической ассоциацией; Хвойно-широколиственных лесов sidero-лито-халькофильной специализации с никелево-полиметаллической ассоциацией; Кунгурская лесостепь sideroфильной специализации с кобальт-никелевой ассоциацией. Полученные результаты актуальны при проведении эколого-геохимического изучения территории Пермского края. Сделаны выводы о необходимости локального изучения геохимических особенностей почв, находящихся в зоне влияния добычи нефти, для обеспечения экологической безопасности на сопутствующих территориях. Наиболее актуальны исследования на территориях распространения карста и в водно-болотных комплексах.

Ключевые слова: геохимический фон, калийная соль, месторождения, нефть, потенциально токсичные металлы, почва, районирование, техногенная трансформация природной среды, уголь, экологическая безопасность

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Пермского края № 24-17-20025.

Для цитирования: Дзюба Е.А. Природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 139–151. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151

**NATURAL-TECHNOGENIC GEOCHEMICAL ZONING
OF THE PERM TERRITORY****Ekaterina A. Dziuba**

Perm State University, Perm, Russia

aea_eco@mail.ru, Scopus Author ID: 57217048414, SPIN-код: 1070-5404

Abstract. The paper presents a natural-technogenic geochemical zoning of the Perm Territory as developed by the author. The region has a developed mining industry, and the study of the spatial distribution of elements is of considerable theoretical and practical interest. In the course of the study, background contents were obtained that characterize the region's natural geochemical background. Separately, the areas with a high degree of anthropogenic transformation of the natural environment were studied. As a result of the cluster analysis, natural-technogenic geochemical areas were identified, geochemical specialization was determined for all the areas, and an association of elements was identified: the Northern Urals of litho-sidero-chalcophile specialization with vanadium-zinc-polymetallic association; Western Urals of litho-sidero-chalcophile specialization with vanadium-polymetallic association; Kizel coal basin of sidero-chalco-lithophile specialization with cobalt-manganese-polymetallic association; Middle taiga of sidero-chalcophile specialization with manganese-lead association; Southern taiga of litho-chalcophile specialization with strontium-zinc association; Verkhnekamskoye deposit of potash salts of sidero-litho-chalcophile specialization with cobalt-polymetallic association; Coniferous-deciduous forests of sidero-litho-chalcophile specialization with nickel-polymetallic association; Kungur forest-steppe of siderophile specialization with cobalt-nickel association. The results obtained are relevant for the ecological and geochemical study of the territory. The author comes to a conclusion that it is necessary to locally study the geochemical characteristics of soils in the zone of oil production influence to ensure environmental safety in the associated territories. Of most relevance is research in karst areas and in wetland complexes.



Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

Keywords: geochemical background, potassium salt, deposits, oil, potentially toxic metals, soil, zoning, technogenic transformation of the natural environment, coal, environmental safety

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: Dziuba, E.A. (2024). Natural-technogenic geochemical zoning of the Perm Territory. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 139–151. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-139-151

Введение

Элементный состав почв формируется под влиянием ряда факторов, из которых большую роль играет состав подстилающих горных пород [1]. Но часто высокие концентрации элементов связывают именно с влиянием антропогенной деятельности [2–4]. Особенно актуальна эта проблема для горнодобывающих районов, где из-за высокого загрязнения возможно рассеивание на большие расстояния потенциально опасных элементов [5].

В рамках прикладных исследований важную роль занимает изучение геохимической специализации отдельных регионов [6]. Значение фоновых содержаний на определенной территории позволяет обозначить возможные экологические риски [7–9], причем в данном случае актуальнее всего после изучения фоновых территорий выявлять территории, испытывающие высокую антропогенную нагрузку. Исследование геохимических особенностей территории возможно с целью ее рационального зонирования, как это было сделано в прибрежной зоне Южной Кореи [10], территории с высоким содержанием селена и кадмия в Китае [11] или для геоэкологического районирования в целом [12; 13].

Пермский край является регионом с развитой добывающей промышленностью, что в свою очередь является причиной постоянно увеличивающейся антропогенной нагрузки. Геоэкологические особенности территории края были сформированы под влиянием природных и антропогенных факторов. Выявление закономерностей пространственной дифференциации геохимического состава в условиях техногенной трансформации природной среды, уровня техногенных изменений, основных факторов, которые обуславливают неоднородность геохимических спектров на уровне региона, остается крупной теоретической задачей.

Не менее важна и прикладная составляющая, накопление и миграция потенциально опасных химических элементов, экологическая безопасность и вопросы восстановления природной среды при техногенной нагрузке и в посттехногенный период. Разработка современного геохимического районирования территории Пермского края вносит свой вклад в решение этих вопросов.

Наиболее важным видом промышленности на территории края на данный момент является добыча нефти и калийных солей. Причем нефтяные месторождения имеют достаточно широкое распространение по территории региона с севера на юг [14]. При добыче нефти [15; 16] и калийных солей [17] происходит техногенная трансформация природной среды, которая выражается в значительном изменении физико-химических свойств почв [18]. Выделяются элементы, содержание которых обусловлено именно нефтяным загрязнением. В данном случае достаточно универсальным для всех природных зон считается Sr [19], а также говорят о загрязнении почв V, Ni, Cr, As, Ti [20; 21] (условно к ним добавляют Pb и Zn). При оценке распространения загрязнения вокруг месторождения актуальным является содержание Zn и Pb [22]. Ni и Cd относят к металлам, которые присутствуют в составе нефти, а значит, являются важными для мониторинга нефтезагрязненных территорий [23]. Отходы добычи калийных солей представлены легкорастворимыми компонентами (хлоридами калия, натрия и магния) и содержат большое количество потенциально токсичных элементов (Sr, Mn, Ni, Co, Cr, Zn и др.), а также реагентов, используемых для обогащения полезных ископаемых [24].

Кизеловский угольный бассейн (КУБ) имеет серьезное значение, представляя собой объект региональной экологической катастрофы. Вследствие закрытия шахт на данной территории сложилась неблагоприятная экологическая обстановка [25], территория подвержена высокому уровню загрязнения. После прекращения добычи угля и ликвидации шахт сохраняются природно-техногенные потоки веществ и оказывается влияние на физико-химические свойства почв [26]. По данным исследователей почв Донецкого угольного бассейна [27], в радиусе 5 км вокруг ликвидируемых шахт обнаружены повышенные концентрации металлов в почвах (Mn до 12,5 ПДК; V до 16 ПДК; Cr до 20 ПДК; Ni, Pb и Zn до 8 ПДК). Похожая ситуация сложилась в районе заброшенных шахт Бампус-Коув штата Теннесси, США [28]. Там ученые отметили повышенное содержание в почвах Zn, Mn, Cu, Pb и Cd. В Марокко проводили исследования загрязнения почв вокруг рудника Зейда [29]. В данном исследовании осуществлялся анализ содержания 20 элементов, из которых отдельно были отмечены Mn, As, Co и Pb.

Ученые пришли к выводу, что именно эти элементы представляют опасность для здоровья населения и отражают специфичность загрязнения районов угольных шахт.

Целью исследования стала разработка природно-техногенного геохимического районирования Пермского края.

Задачи исследования:

1. Установить фоновое содержание макро- и микроэлементов в почвах природных районов Пермского края;
2. Определить значимость процессов техногенеза, которые влияют на трансформацию природной среды регионального уровня;
3. Выявить геохимические особенности, сформированные на территории влияния добычи калийных солей и добычи нефти;
4. Установить геохимические особенности, сформированные на территории Кизеловского угольного бассейна;
5. Разработать природно-техногенное районирование региона по геохимическим особенностям на основе применения кластер-анализа.

Методы

Для исследования проводился отбор проб на участках (рис. 1), не испытывающих прямого воздействия хозяйственной деятельности (особо охраняемых природных территориях (ООПТ)), и участках, находящихся под постоянной техногенной нагрузкой (территории нефтяных месторождений, территории влияния КУБ и Верхнекамского месторождения солей (ВКМС)).

В ходе исследования было проведено геохимическое опробование на 92 участках, относящихся к ООПТ. Негативное воздействие на них имеет ограниченный и учитываемый характер [30; 31], т.к. ведется мониторинг природной среды ООПТ [32]. В результате можно считать, что в почвах на территории ООПТ формируется геохимический фон территории. ООПТ имеют существенное распространение в Пермском крае, располагаясь на наиболее типичных природных участках [33], они являются самыми репрезентативными для определения геохимических фоновых показателей. В Пермском крае выделяют шесть природных районов [34], в ООПТ которых были заложены пробные площадки (I – Северный Урал; II – Западный Урал; III – Средняя тайга; IV – Южная тайга; V – Хвойно-широколиственных лесов; VI – Кунгурская лесостепь).

В качестве объектов с техногенной нагрузкой были выбраны территории добычи нефти (обследованы территории 20 месторождений), добычи калийных солей (территория Верхнекамского месторождения) и территория, на которой ранее осуществлялась добыча угля (Кизеловский угольный бассейн), а сейчас прекращена, при этом многие считают, что экологическая обстановка еще более усугубилась в посттехногенный период [35].

Отбор почв проводится методом конверта. Метод представляет собой отбор смешанной пробы. Смешанный образец состоит из почвенных проб, взятых методом конверта из пяти точек. Первая проба отбирается из стенки разреза, а остальные – крест-накрест от первой точки на расстоянии 10–20 м. Масса пробы составляет 400 г [36].

Определение содержания макро- и микроэлементов было выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» в лаборатории экологии и охраны природы ПГНИУ. Проводился количественный анализ по валовому содержанию в почвах Sr (мг/кг), Pb (мг/кг), As (мг/кг), Zn (мг/кг), Ni (мг/кг), Co (мг/кг), Fe₂O₃ (%), MnO (мг/кг), Cr (мг/кг), V (мг/кг), TiO₂ (%).

Для статистической обработки полученных результатов использовалась программа Microsoft Excel 2010. Были рассчитаны следующие статистические показатели: среднее (\bar{x} , мг/кг), стандартное отклонение (σ , мг/кг), стандартная ошибка (SE_n, мг/кг), доверительный интервал (P, мг/кг), коэффициент вариации (CV, %).

Региональное фоновое содержание принималось с учетом доверительного интервала и представлено в формате: $\bar{x} \pm P$, мг/кг (при 95 % значимости по критерию Стьюдента). Равномерность полученного среднего содержания проверялась относительно CV, при значении которого выборка принималась как однородная (до 33 %) или неоднородная (более 33 %). Средние значения для природных районов взяты при обязательном условии, что CV менее 33 %. Значимость различий между содержанием элементов в почвах вычислялась согласно t-критерию Стьюдента.

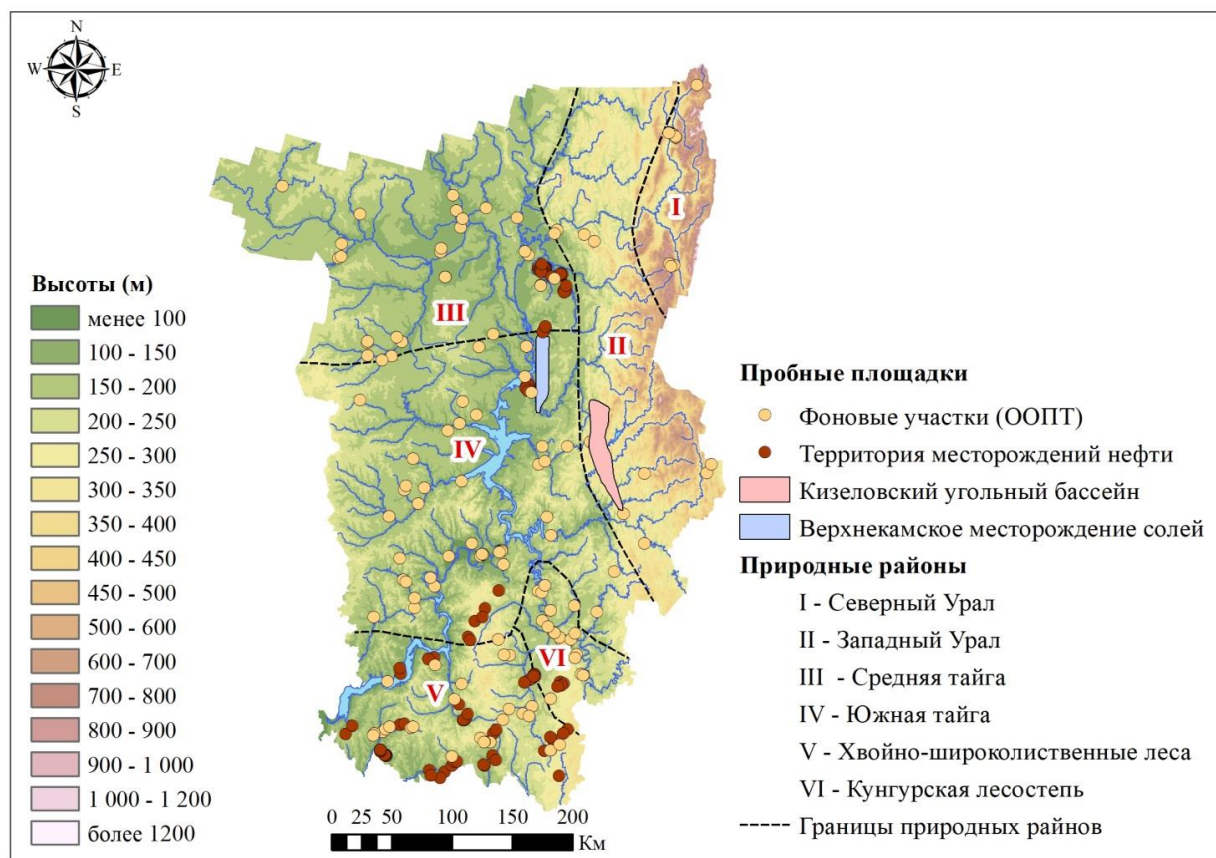


Рис. 1. Районы отбора проб для определения геохимических свойств почв

Fig. 1. Sampling areas for determining the geochemical properties of soils

По данным определения фоновых показателей Пермского края и природных районов, средних содержаний на территориях, подверженных техногенному воздействию, был проведен кластерный анализ в программе Statistica. Кластеризация – один из наиболее актуальных методов при анализе данных, характеризующих свойства почв [37]. Для объединения был применен метод невзвешенного парного среднего, в качестве меры расстояния использовано Евклидово расстояние. Были получены природный и природно-техногенный кластеры.

На основании статистической обработки полученных данных и результатов кластерного анализа выполнено природно-техногенное геохимическое районирование края с использованием программы ArcGIS 10.4. Районы выделялись относительно геохимической специализации и сформировавшейся ассоциации элементов (элементы, которые относительно геохимического фона Пермского края накапливаются). Геохимическая специализация определялась в соответствии с классификацией В.М. Гольдшмидта [38].

Ассоциации элементов, которые аккумулируются в почвах на территории природных районов, установлены относительно фона Пермского края. Рассчитывался коэффициент концентрации (КК) и коэффициент рассеивания (КР).

В ассоциацию включались элементы с $КК \geq 1,1$. Для названия ассоциации на первое место ставились элементы с большим КК. Если в ассоциации отмечено 5 и более элементов, то к названию добавлялось, что она является полиметаллической.

Обсуждение результатов

В табл. 1 представлены данные о фоновом содержании элементов в почвах Пермского края. Предварительные данные по содержанию элементов были опубликованы ранее [39], но после пересмотрены в некоторых своих частях и уточнены в данной статье.

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

Таблица 1

Региональное фоновое содержания макро- и микроэлементов
на территории Пермского края в гумусовом горизонте
Regional background content of macro- and microelements in the Perm Territory in the humus horizon

Элементы	Показатели, мг/кг	Пермский край	I – Северный Урал	II – Западный Урал	III – Средняя тайга	IV – Южная тайга	V – Хвойно-широколиственных лесов	VI – Кунгурская лесостепь
	<i>n</i>	300	35	40	44	50	45	86
Sr	$\bar{x} \pm P$	238±10	85±14	186±25	229±23	290±22	229±23	239±12,3
Pb	$\bar{x} \pm P$	15±1	18±3	17±2	16±2	15±1	12±1	15±1
As	$\bar{x} \pm P$	7,5±1	6,9±1	7±1	5,8±1	7,8±1	8,4±1	7,7±1
Zn	$\bar{x} \pm P$	59±2	55±8	67±9	47±5	65±5	62±5	56±3
Ni	$\bar{x} \pm P$	41±2	31±3	40±5	16±2	35±3	52±5	46±2
Co	$\bar{x} \pm P$	14±1	11±1	8±1	6±1	9±1	8±1	24±1
Fe	$\bar{x} \pm P$	24500±700	29200±3400	29800±3600	22300±1800	23600±1400	25200±2300	23400±1000
Mn	$\bar{x} \pm P$	762±27	376±35	517±61	828±52	768±61	866±68	796±41
Cr	$\bar{x} \pm P$	127±3	141±7	135±6	105±8	124±6	148±10	126±4
V	$\bar{x} \pm P$	65±3	87±14	100±13	60±6	60±4	57±5	63±4
Ti	$\bar{x} \pm P$	4200±100	5200±600	4900±500	4100±300	4000±200	4000±300	4200±200

Относительно фона Пермского края в природных районах формируются следующие ряды аккумуляции: Северный Урал: $\frac{V}{1,3} > \frac{Fe}{1,2} = \frac{Ti}{1,2} = \frac{Pb}{1,2} > \frac{Cr}{1,1}$; Западный Урал: $\frac{V}{1,5} > \frac{Fe}{1,2} = \frac{Ti}{1,2} > \frac{Pb}{1,1} = \frac{Zn}{1,1} = \frac{Cr}{1,1}$; Средняя тайга: $\frac{Mn}{1,1} = \frac{Pb}{1,1}$; Южная тайга: $\frac{Sr}{1,2} > \frac{Zn}{1,1}$; Хвойно-широколиственных лесов: $\frac{Ni}{1,3} > \frac{Cr}{1,2} > \frac{Mn}{1,1} = \frac{As}{1,1} = \frac{Zn}{1,1}$; Кунгурская лесостепь: $\frac{Co}{1,7} > \frac{Ni}{1,1}$.

В табл. 2 представлены данные о среднем содержании элементов на территориях, подверженных техногенному воздействию: добыча нефти, добыча калийных солей, добыча угля и ликвидация угольных шахт.

Таблица 2

Среднее содержание макро- и микроэлементов в результате техногенной нагрузки в гумусовом горизонте
The average content of macro- and microelements as a result of technogenic load in the humus horizon

Элементы	Показатели, мг/кг	Добыча нефти (территории месторождений нефти)	Добыча калийных солей (территория Верхнекамского месторождения калийных солей)	Добыча угля (территория Кизеловского угольного бассейна)
	<i>n</i>	146	129	103
Sr	$\bar{x} \pm \sigma$	289±141	300±15	221±26
Pb	$\bar{x} \pm \sigma$	17,8±6,1	15,2±1,1	16,2±3,1
As	$\bar{x} \pm \sigma$	7,2±3,7	6,3±0,7	10,3±3,5
Zn	$\bar{x} \pm \sigma$	69±16,9	78±7,2	80±7,8
Ni	$\bar{x} \pm \sigma$	54±15,9	31±3,9	69±9,3
Co	$\bar{x} \pm \sigma$	7,6±2,9	18,9±4,3	24,2±2,8
Fe	$\bar{x} \pm \sigma$	23265±6300	28256±2500	24558±2000
Mn	$\bar{x} \pm \sigma$	1058±376	1002±110	1093±155
Cr	$\bar{x} \pm \sigma$	132±22,7	152±15,6	178±20
V	$\bar{x} \pm \sigma$	62±18	78±8,8	80±12
Ti	$\bar{x} \pm \sigma$	4003±	3996±80	4673±230

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

В результате добычи калийных солей на территории Верхнекамского месторождения относительно фона Пермского края формируется ряд накопления $\frac{Co}{1,4} > \frac{Zn}{1,3} = \frac{Mn}{1,3} = \frac{Sr}{1,3} > \frac{V}{1,2} = \frac{Cr}{1,2} = \frac{Fe}{1,2}$; в пост-техногенный период на территории Кизеловского угольного бассейна отмечается ряд $\frac{Co}{1,7} = \frac{Ni}{1,7} > \frac{Mn}{1,4} = \frac{Cr}{1,4} = \frac{As}{1,4} = \frac{Zn}{1,4} > \frac{V}{1,2} > \frac{Ti}{1,1} = \frac{Pb}{1,1}$.

При нефтедобыче в почвах аккумулируется следующая ассоциация $\frac{Mn}{1,4} > \frac{Ni}{1,3} > \frac{Sr}{1,2} = \frac{Pb}{1,2} = \frac{Zn}{1,2}$. Нефтяные месторождения расположены на большей части Пермского края локально, кроме того, значительная часть территории месторождений по геохимическому составу не отличается от показателей соответствующего природного района. Поэтому считаем нецелесообразным учитывать распространение добычи углеводородов для природно-техногенного районирования края.

В результате проведения кластерного анализа (рис. 2) можно говорить об основных факторах, влияющих на формирование геохимических особенностей территории региона.

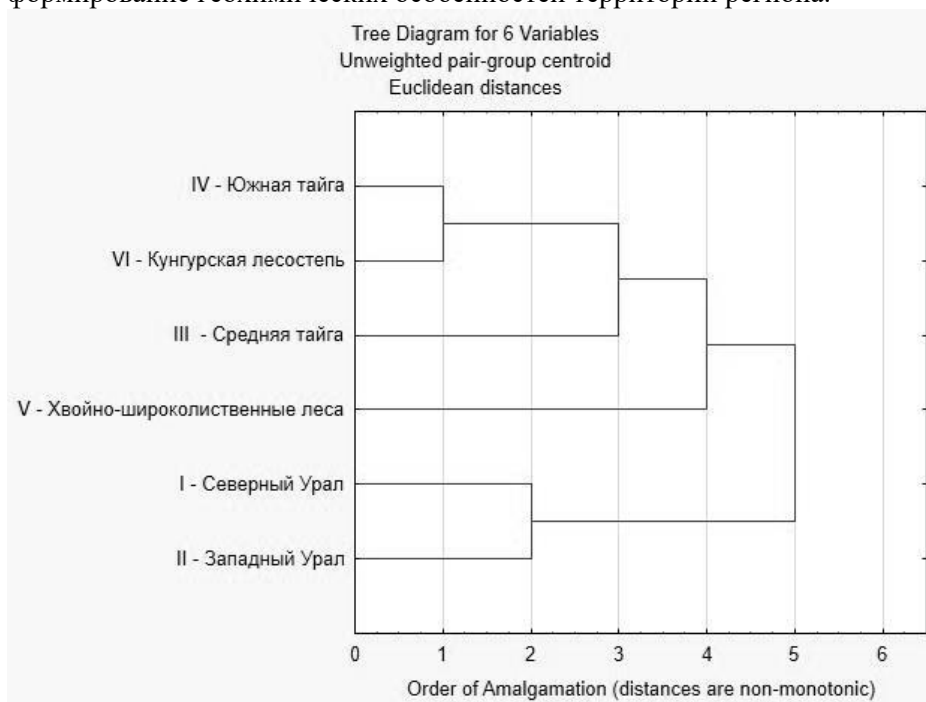


Рис. 2. Результаты кластерного анализа (природные кластеры)

Fig.2. Results of cluster analysis (natural clusters)

По данным о распределении химических элементов в природных районах (рис. 2) выделяются следующие ранги кластеризации и факторы их формирования.

Фактором первого ранга является изменение макрорельефа. Пространственная дифференциация происходит на горную и равнинную часть. Отдельно выделяются районы, на территории которых рельеф характеризуется как среднегорный, низкогорный и предгорный (Северный Урал и Западный Урал). Остальные районы находятся на низменной и равнинной части края.

Второй ранг представлен биоклиматическим фактором, который в свою очередь отражает комплекс климатических характеристик, влияющих на биоценотическую структуру территории. На этом уровне природные районы низменной и равнинной части края разделились на две группы, где отдельно выделяется район Хвойно-широколиственных лесов (наиболее южный район края, зона подтайги) и объединяются в одну группу Средняя и Южная тайга, Кунгурская лесостепь. Несомненно, представляет интерес Кунгурская реликтовая лесостепь, которая по геохимическому спектру более тяготеет к таежной зоне, чем к хвойно-широколиственным лесам.

Включение в кластеризацию территорий (ВКМС и КУБ), где формирование геохимических особенностей происходит под влиянием техногенной нагрузки (рис. 3), позволяет определить ее значимость по сравнению с природными факторами. Проводится ранжирование значимости, соотношение различных природных и техногенных факторов.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

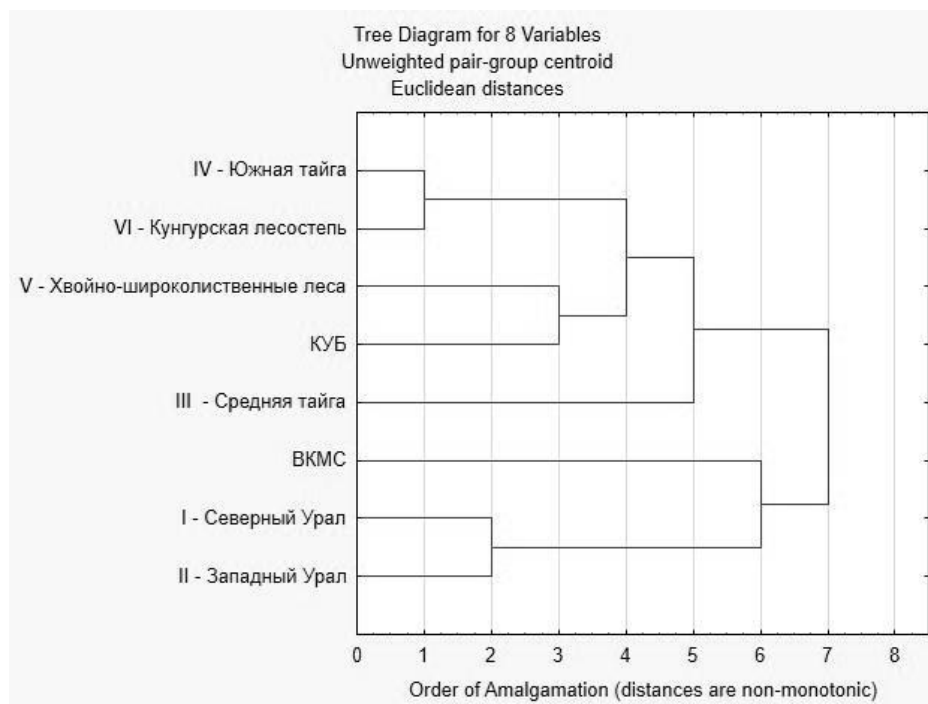


Рис. 3. Результаты кластерного анализа (природно-техногенные кластеры)

Fig.3. Results of cluster analysis (natural-technogenic clusters)

Факторами первого ранга также остаются геоморфологический и орографический. Изменение рельефа, следовательно, особенностей подстилающих пород и т.п. оказывает самое сильное влияние на геохимические особенности территории, что подтверждается и похожими исследованиями [40]. Интересно, что в данном случае мы наблюдаем то, что территория ВКМС объединяется с территорией среднегорий, низкогорий и предгорий, хотя находится на предгорной равнинной части края. А территории КУБ, наоборот, находясь в предгорной территории, встают в кластер с равнинными районами.

В качестве уровня второго ранга выбрано техногенное перераспределение химических элементов под воздействием добычи калийных солей. Этот техногенный фактор более существенный, чем биоклиматическое влияние на почвенный покров.

Биоклиматические особенности средней тайги выделяются на уровне фактора третьего ранга.

Посттехногенная трансформация природной среды угольного бассейна стала фактором четвертого уровня пространственной дифференциации региона, находится по уровню сходства между средней тайгой и хвойно-широколиственными лесами.

Такое размещение в кластере двух природно-техногенных районов говорит о проявлении техногенного фактора и о мощности изменений, которые происходят при его влиянии. Природно-техногенные районы КУБ и ВКМС становятся значительно отличными по геохимическим свойствам от природного района, в границах которого располагаются. Значимость геохимических особенностей этих территорий достигает уровня района.

В табл. 3 представлены результаты по оценке значимости различий в фоновых содержаниях природных районов и средних содержаниях изученных территорий, находящихся под воздействием техногенеза. Территории КУБа и ВКМС имеют значимые отличия как от природных районов, на территории которых они находятся, так и в целом от регионального фона Пермского края. При сопоставлении КУБа с фоном Западного Урала было получено, что нет значимых различий только относительно содержания Рb. ВКМС не имеет значимых различий с Южной тайгой по содержанию Sr и Рb. Рb на данных территориях находится в рассеянном состоянии. Накопление Sr на территории ВКМС обусловлено природными факторами и общим геохимическим фоном природного района.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

Таблица 3

Элементы, разница по содержанию которых между исследуемыми территориями и фоновыми имеет достоверную значимость относительно t-критерия Стьюдента
Elements the difference in the content of which between the studied and the background territories is reliably significant relative to the Student's t-test

	Кизеловский угольный бассейн	Верхнекамское месторождение калийных солей
Пермский край	Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Mn, Cr, V, Ti	Sr, As, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti
II – Западный Урал	Sr, As, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti	
IV – Южная тайга		As, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti

В табл. 4 представлены классификационные признаки и индексы, использованные для разделения районов.

Таблица 4

Классификационные признаки природно-техногенного районирования Пермского края
Classification features of natural and technogenic zoning of the Perm Territory

Признак	Виды признака
Характер рельефа	I. Среднегорный, низкогорный и предгорный II. Низменный и равнинный
Природные особенности (природный район, в границах которого расположен геохимический район)	I. Северный Урал II. Западный Урал III. Средняя тайга IV. Южная тайга V. Хвойно-широколиственных лесов VI. Кунгурская лесостепь
Геохимическая специализация	1) Лито-сидеро-халькофильная 2) Лито-халькофильная 3) Сидеро-халько-литофильная 4) Сидеро-халькофильная 5) Сидеро-лито-халькофильная 6) Сидерофильная
Ассоциация элементов	a) Ванадиево-полиметаллическая b) Ванадиево-цинково-полиметаллическая c) Кобальт-марганцево-полиметаллической d) Кобальт-никелевая e) Кобальт-полиметаллическая f) Марганцево-свинцовая g) Никелево-полиметаллическая h) Стронциево-цинковая

На рис. 4 представлено полученное по результатам исследования природно-техногенное районирование Пермского края по геохимическим особенностям. Были выделены следующие природно-техногенные геохимические районы:

I-1-b Северный Урал лито-сидеро-халькофильной специализации с ванадий-цинково-полиметаллической ассоциацией;

II-1-a Западный Урал лито-сидеро-халькофильной специализации с ванадий-полиметаллической ассоциацией;

II-3-c Кизеловский угольный бассейн сидеро-халько-литофильной специализации с кобальт-марганцево-полиметаллической ассоциацией;

III-4-f Средняя тайга сидеро-халькофильной специализации с марганцево-свинцовой ассоциацией;

IV-2-h Южная тайга лито-халькофильной специализации со стронций-цинковой ассоциацией;

IV-5-e Верхнекамское месторождение калийных солей сидеро-лито-халькофильной специализации с кобальт-полиметаллической ассоциацией;

V-5-g Хвойно-широколиственных лесов сидеро-лито-халькофильной специализации с никелево-полиметаллической ассоциацией;

VI-6-d Кунгурская лесостепь сидерофильной специализации с кобальт-никелевой ассоциацией.

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

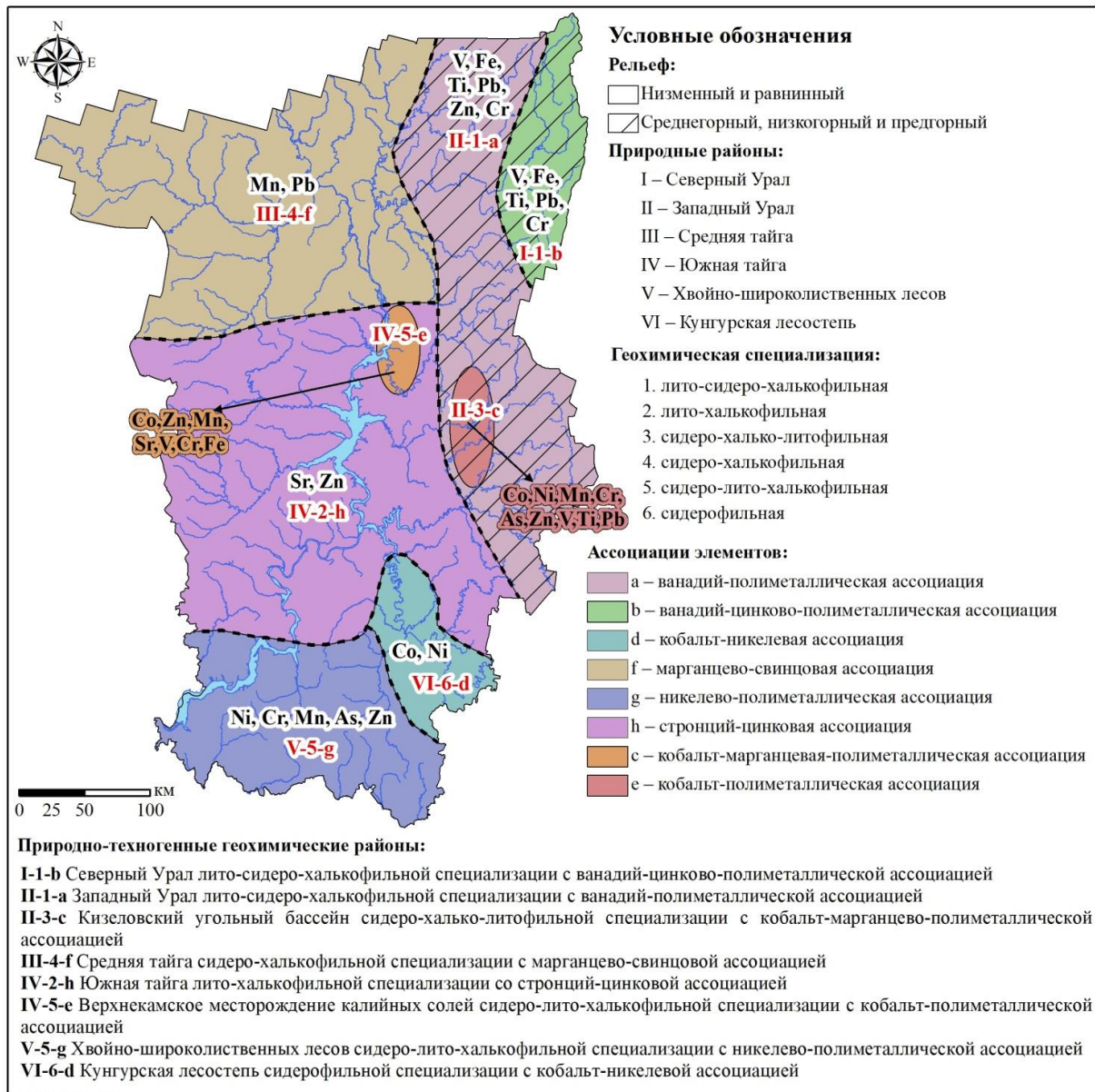


Рис. 4. Природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края
Fig.4. Natural-technogenic geochemical zoning of the Perm Territory

Заключение

Пространственная дифференциация геохимического состава гумусового горизонта на территории Пермского края позволяет выделить 8 природно-техногенных районов: Северного Урала, Западного Урала, Средней тайги, Южной тайги, Хвойно-широколиственных лесов, Кунгурской лесостепи, Верхнекамского месторождения калийных солей, Кизеловского угольного бассейна.

Геохимический спектр природно-техногенных районов:

- Северный Урал: $KK = \frac{V}{1,3} > \frac{Fe}{1,2} = \frac{Ti}{1,2} = \frac{Pb}{1,2} > \frac{Cr}{1,1}$;
- Западный Урал: $KK = \frac{V}{1,5} > \frac{Fe}{1,2} = \frac{Ti}{1,2} > \frac{Pb}{1,1} = \frac{Zn}{1,1} = \frac{Cr}{1,1}$;
- Средняя тайга: $KK = \frac{Mn}{1,1} = \frac{Pb}{1,1}$;
- Южная тайга: $KK = \frac{Sr}{1,2} > \frac{Zn}{1,1}$;
- Хвойно-широколиственных лесов: $KK = \frac{Ni}{1,3} > \frac{Cr}{1,2} > \frac{Mn}{1,1} = \frac{As}{1,1} = \frac{Zn}{1,1}$;

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

– Кунгурской лесостепи: $КК = \frac{Co}{1,7} > \frac{Ni}{1,1}$;

– Верхнекамского месторождения калийных солей: $КК = \frac{Co}{1,4} > \frac{Zn}{1,3} = \frac{Mn}{1,3} = \frac{Sr}{1,3} > \frac{V}{1,2} = \frac{Cr}{1,2} = \frac{Fe}{1,2}$;

– Кизеловского угольного бассейна: $КК = \frac{Co}{1,7} = \frac{Ni}{1,7} > \frac{Mn}{1,4} = \frac{Cr}{1,4} = \frac{As}{1,4} = \frac{Zn}{1,4} > \frac{V}{1,2} > \frac{Ti}{1,1} = \frac{Pb}{1,1}$.

Кластер-анализ позволил выделить иерархию факторов, которые определяют геохимическую дифференциацию территории региона: макрорельеф – техногенез при добыче калийной соли – особенности биоклиматического режима средней тайги – посттехногенез после добычи каменного угля – биоклиматические параметры природных районов.

Природно-техногенное районирование Пермского края отражает современное состояние и особенности протекания геохимических процессов.

Наиболее существенным фактором техногенеза является добыча калийных солей. Посттехногенная трансформация природной среды после ликвидации угольных шахт по своей мощности соответствует биоклиматическим факторам.

Необходимы сплошные геохимические обследования окружающей среды Верхнекамского месторождения калийной соли, Кизеловского угольного бассейна для определения границ распространения техногенеза, посттехногенеза, экологических рисков, определения оптимальных способов восстановления биогеоценотического покрова.

Целесообразным видится проведение лабораторных экспериментов по устойчивости почв и растений степи к битузации, определение допустимого количества остаточной нефти в черноземах.

Устойчивое развитие региона обеспечивается в значительной мере соблюдением экологической безопасности при добыче углеводородов. Создание эффективной ГИС-модели для обеспечения экологической безопасности при добыче углеводородов остается существенной целью геоэкологических исследований.

Библиографический список

1. Алексеев В.А. Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области. М.: Логос, 2002. 312 с.
2. Андреев Д.Н., Шатрова А.И. Нефтепромысловые объекты в Пермском крае // Антропогенная трансформация природной среды. 2019, № 5. С. 3–7.
3. Артамонова В.С., Бортникова С.Б. Экологические аспекты рекультивации почв на отвалах вскрышных пород в районах угледобычи // Антропогенная трансформация природной среды. 2022. Т. 8, № 1. С. 48–57. doi: 10.17072/2410-8553-2022-1-48-57.
4. Бачурин Б.А. Эколого-геохимическая оценка продуктов деградации нефти в условиях гипергенеза // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. № 5. С. 8–14.
5. Бузмаков С.А. Сеть особо охраняемых природных территорий Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. № 3 (54). С. 135–148. doi: 10.17072/2079-7877-2020-3-135-148.
6. Бузмаков С.А., Зайцев А.А., Санников П.Ю. Актуальное состояние сети ООПТ Пермского края // Вопросы степеведения. 2019. № 15. С. 55–58.
7. Гамм Т.А., Гамм А.А. Исследование закономерностей распространения от источника загрязнения тяжелых металлов и нефтепродуктов на месторождении нефти. Наука и мир. 2015. № 2-1 (18). С. 109–112.
8. Голик В.И., Заилишвили В.Б., Разоренов Ю.И. Проблемы региональной экологии Восточного Донбасса // Проблемы региональной экологии. 2014. № 3. С. 55–59.
9. Дзюба Е.А. Определение местного фонового содержания некоторых макро- и микроэлементов в почвах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 1 (56). С. 95–108. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108.
10. Лискова М.Ю. Негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду предприятиями по добыче и обогащению калийно-магниевых солей. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16, № 1. С. 82–88. doi: 10.15593/2224-9923/2017.1.9.
11. Овеснов С.А., Ефимик Е.Г., Санников П.Ю. Предварительный список редких лесных экосистем Пермского края // Устойчивое лесопользование. 2020. № 4 (63). С. 30–38.
12. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
13. Самофалова И.А. Агроэкологическая оценка техногенно-засоленных почв на территории Аптугайского нефтяного месторождения // Антропогенная трансформация природной среды. 2019. № 5. С. 51–55.
14. Санников П.Ю., Бузмаков С.А. Перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий Пермского края: монография. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2015. 173 с.
15. Сивков Д.Е., Санников П.Ю. Геоинформационная база данных «Особо охраняемые территории и объекты Пермского края» // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. № 4. С. 104–106.
16. Турковская О.В., Муратова А.Ю., Дубровская Е.В., Бондаренкова А.Д., Любунь Е.В. Фиторемедиационный потенциал сорго веничного для очистки земель от углеводородов нефти и тяжелых металлов. Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 50–54. doi: 10.28983/asj.y2020i12pp50-54.
17. Хайрулина Е.А., Митракова Н.В., Новоселова Л.В., Порошина Н.В. Трансформация почвенно-растительного покрова в результате влияния изливающихся древних рассолоподъемных скважин на территории Пермского края. Географический вестник = Geographical Bulletin. 2021. № 4 (59). С. 113–129. doi: 10.17072/2079-7877-2021-4-113-129.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

18. Ahmadi M., Jorfi S., Azarmansuri A., Jaafarzadeh N., Mahvi A.H., Darvishi Cheshmeh Soltani R., Akbari H.R., Akhbarizadeh R. Zoning of heavy metal concentrations including Cd, Pb and As in agricultural soils of Aghili plain, Khuzestan province, Iran. Data in Brief. 2017. Vol. 14. P. 20–27. doi: 10.1016/j.dib.2017.07.008.
19. Ayari J., Barbieri M., Barhoumi A., Belkhiria W., Braham A., Dhaha F., Charef A. A regional-scale geochemical survey of stream sediment samples in Nappe zone, northern Tunisia: Implications for mineral exploration. Journal of Geochemical Exploration. 2022. doi: 10.1016/j.gexplo.2022.106956.
20. Azimov O., Bunina A., Karmazynenko S. Geoinformation aspects of the surface relief impact on the secondary redistribution of industrial pollutions in soils. 2018. doi: 10.3997/2214-4609.201801812.
21. Buzmakov S., Egorova D., Gatina E. Effects of crude oil contamination on soils of the Ural region // Journal of Soils and Sediments. 2019. No. 19 (1). P. 38–48. doi: 10.1007/s11368-018-2025-0.
22. Eremchenko O.Z., Moskvina N.V., Mitrakova N.V., Efimik E.G., Shestakov I.E. A multifaceted approach to assessing the effectiveness of remediating oil-contaminated soils // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2021. Vol. 6, No. 4. P. 26–40. doi: 10.21685/2500-0578-2021-4-3.
23. Gao H. Agricultural Soil Data Analysis Using Spatial Clustering Data Mining Techniques // 2021 IEEE 13th International Conference on Computer Research and Development (ICCRD). 2021. P. 83–90. doi: 10.1109/ICCRD51685.2021.9386553.
24. Jung H.-S., Lim D., Xu Z., Kim J., Lee J., Jeong D. Zoning of coastal environments based on sediment textural and geochemical characteristics and their major oceanographic constraints: A case study in South Korea. Journal of Asian Earth Sciences. 2021. doi: 10.1016/j.jseas.2021.104883.
25. Khayrulina E., Bogush A., Novoselova L., Mitrakova N. Properties of Alluvial Soils of Taiga Forest under Anthropogenic Salinisation // Forests. 2021. 12(3): 321. doi: 10.3390/f12030321.
26. Khayrulina E.A., Khmurchik V.T., Maksimovich N.G. The Kizel Coal Basin (The Western Urals, Russia): Environmental problems and Solutions. Mining Meets Water – Conflicts and Solutions. Proceedings IMWA2016 Annual Conference. 2016. P. 761–767.
27. Long J., Tan D., Deng S., Lei M. Pollution and ecological risk assessment of antimony and other heavy metals in soils from the world's largest antimony mine area, China. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2018. doi: 10.1080/10807039.2017.1396531.
28. Magno M., Luffman I., Nandi A. Evaluating spatial regression-informed cokriging of metals in soils near abandoned mines in bampus cove, Tennessee, USA. Geosciences. 2021. Vol. 11. doi: 10.3390/geosciences11110434.
29. Martínez-López S., Martínez-Sánchez M.J., Gómez-Martínez M.D., Pérez-Sirvent C. Arsenic zoning in a coastal area of the Mediterranean Sea as a base for management and recovery of areas contaminated by old mining activities. Applied Clay Science. 2020. 199. 105881. doi: 10.1016/j.clay.2020.105881.
30. Nassiri O., Láarabi E.L., Hachimi M., Ambrosi J.P., Rhoujjati A. Contamination impact and human health risk in surface soils surrounding the abandoned mine of Zeïda, High Moulouya, Northeastern Morocco. Environment Development and Sustainability. 2021. No. 23 (1). doi: 10.1007/s10668-021-01380-6.
31. Opekunov A., Opekunova M., Kukushkin S., Lisenkov S. Impact of drilling waste pollution on land cover in a high subarctic forest-tundra zone // Pedosphere. 2022. Vol. 32. P. 414–425. doi: 10.1016/S1002-0160(21)60083-8.
32. Pashkevich M.A., Bech J., Matveeva V.A., Alekseenko A.V. Biogeochemical assessment of soils and plants in industrial, residential and recreational areas of Saint Petersburg. 2020. doi:10.31897/pmi.2020.1.125.
33. Podlipskiy I.I., Dubrova S.V., Zelenkovskiy P., Lebedev S.V., Izosimova O.S., Chernova E.N., Nesterov E., Egorov P. Geoecological zoning of modern geological objects composed of technogenic soils. Distribution of Zn, Cu, Pb, Fe, Hg and As in technogenic dispersed soils and bottom sediments. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012016.
34. Rezaei M., Mehdinia A., Saleh A., Modabberi S., Mansouri Daneshvar M.R. Environmental assessment of heavy metal concentration and pollution in the Persian Gulf. Modeling Earth Systems and Environment. 2021. doi: 10.1007/s40808-020-00913-8.
35. Rezaei H., Mehrabi B., Khanmirzaee A., Shahbazi K. Arsenic heavy metal mapping in agricultural soils of Alborz province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2019. 101. P. 127–139. doi:10.1080/03067319.2019.1661398.
36. Silva R.J., Silva Y.J., Straaten P., Nascimento C.W., Biondi C.M., Silva Y.J., Araújo Filho J.C. Influence of parent material on soil chemical characteristics in a semi-arid tropical region of Northeast Brazil. Environmental Monitoring and Assessment. 2022. 194. doi: 10.1007/S10661-022-09914-9194(5)331.
37. Solgi E., Jalili M.J. Zoning and human health risk assessment of arsenic and nitrate contamination in groundwater of agricultural areas of the twenty two village with geostatistics (Case study: Chahardoli Plain of Qorveh, Kurdistan Province, Iran). Agricultural Water Management. 2021. Vol. 255. doi: 10.1016/J.AGWAT.2021.107023.
38. Vodyanitskii Y.N. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (analytic review) // Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46, No. 7. P. 793–801. doi: 10.1134/S1064229313050153.
39. Wang R., Hou W., Li Y., Yu T., Chen J. Land Safety Zoning Method in High-Selenium and High-Cadmium Areas. Huan jing ke xue= Huanjing kexue. 2019. 40 (12). P. 5524–5530. doi: 10.13227/j.hjkk.201905006.
40. Yu L., Zhang F., Zang K., He L., Wan F., Liu H., Zhang X., Shi Z. Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Cultivated Land Based on Soil Geochemical Zoning: Yishui County, North China Case Study. Water. 2021. doi: 10.3390/w13233322.

References

- Alekseenko, V.A. (2012). *Metally v okruzhayushchej srede. Pochvy geohimicheskikh landshaftov Rostovskoj oblasti* [Metals in the environment. Soils of geochemical landscapes of the Rostov region], Logos, Moscow, Russia.
- Andreev, D.N., Shatrova A.I. (2019). "Oil industrial facilities in Perm region", *Anthropogenic transformation of the natural environment*, no 5, pp. 3-7.
- Artamonova, V.S., Bortnikova, S.B. (2022). "Ecological aspects of soil reclamation on overburden dumps in coal mining areas", *Anthropogenic transformation of the natural environment*, vol. 8, no 1, pp. 48-57, <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-1-48-57>.
- Bachurin, B.A. (2019). "Ecology-geochemical estimation of oil degradation products under the hypergenesis condition", *Anthropogenic transformation of the natural environment*, no 5, pp. 8-14.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

5. Buzmakov, S.A. (2020). "Network of protected natural areas in the Perm region", *Geographical bulletin*, vol. 54, no 3, pp. 135–148. doi 10.17072/2079-7877-2020-3-135-148.
6. Buzmakov, S.A., Zajcev, A.A. and Sannikov, P.Yu. (2019), "Actual condition of the network of specially protected natural territories of the Perm territory", *Steppe science*, no. 15. pp. 55–58.
7. Gamm, T.A., Gamm, A.A. (2015). "Research of distribution regularities from the pollution source of heavy metals and oil products on the oil field", *Science and peace*, vol. 18, no 2-1, pp. 109-112.
8. Golik, V.I., Zaalishvili, V.I., Razorenov, Yu.I. (2014). "Problems of regional ecology of the eastern Donbass", *Problems of regional ecology*, no 3, pp. 55-59.
9. Dziuba, E.A., (2021). "Determination of local background content of some macro- and microelements in the soils of the Perm region", *Geographical bulletin*, vol. 56, no 1, pp. 95-108, DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108.
10. Liskova, M.Yu. (2017). "Negative impact on the environment caused by companies that mine and process potassium and magnesium salts", *Bulletin of the Perm national research polytechnic university. Geology. Oil and gas and mining*, vol. 16, no 1, pp. 82–88, DOI: 10.15593/2224-9923/2017.1.9.
11. Ovesnov, S.A., Efimik E.G. and Sannikov P.Yu. (2020), "Preliminary list of rare forest ecosystems of the Perm region", *Sustainable forest management*, no.4 (63), pp. 30–38.
12. Ovchinnikov, L.N. (1990), *Prikladnaya geokhimiya* [Applied Geochemistry], Nedra, Moscow, Russia.
13. Samofalova, I.A. (2019). "Agro-environmental assessment of technogenically sedicate soils on the territory of the Aptugaya oilfield", *Anthropogenic transformation of the natural environment*, no 5, pp. 51-55.
14. Sannikov P.Yu. and Buzmakov S.A. (2015), *Perspektivy razvitiya seti osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy Permskoy oblasti* [Prospects for the development of a network of specially protected natural areas of the Perm Territory], Perm state university, Perm, Russia.
15. Sivkov, D.E. and Sannikov, P.Yu. (2018), "Geoinformation database "Specially protected areas and objects of the Perm region", *Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy*, no. 4, pp.104–106 Chusovoy)", *Geographical bulletin*, no.4(55), pp. 152–165.
16. Turkovskaya, O.V., Muratova, A.Yu., Dubrovskaya E.V., Bondarenkova, A.D., Lyubun, E.V. (2020). "Phytoremediation potential of sorghum bicolor for soil decontamination from oil hydrocarbons and heavy metals", *Agricultural scientific journal*, no 12, pp. 50-54, DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp50-54.
17. Khayrulina, E.A., Mitrakova, N.V., Novoselova, L.V., Poroshina N.V. (2021). "Soil and vegetation transformation under the influence of the pouring out ancient brine wells in Perm krai", *Geographical Bulletin*, vol. 59, no 4, pp. 113-129, DOI: 10.17072/2079-7877-2021-4-113-129.
18. Ahmadi, M., Jorfi, S., Azarmansuri, A., Jaafarzadeh, N., Mahvi, A.H., Darvishi Cheshmeh Soltani, R., Akbari, H. and Akhbarzadeh, R. (2017). Zoning of heavy metal concentrations including Cd, Pb and As in agricultural soils of Aghili plain, Khuzestan province, Iran. *Data in Brief*, Vol. 14, pp.20–27. doi:https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.07.008.
19. Ayari, J., Barbieri, M., Barhoumi, A., Belkhiria, W., Braham, A., Dhaha, F. and Charef, A. (2022). A regional-scale geochemical survey of stream sediment samples in Nappe zone, northern Tunisia: Implications for mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 235, p.106956. doi:https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2022.106956.
20. Azimov, O.T., Bunina, A.Ya. and Karmazynenko, S.P. (2018). Geoinformation aspects of the surface relief impact on the secondary redistribution of industrial pollutions in soils. *Proceedings*. doi:https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801812.
21. Buzmakov, S., Egorova, D. and Gatina, E. (2018). Effects of crude oil contamination on soils of the Ural region. *Journal of Soils and Sediments*, 19(1), pp.38–48. doi:https://doi.org/10.1007/s11368-018-2025-0.
22. Eremchenko, O.Z., Moskvina, N.V., Mitrakova, N.V., Efimik, E.G. and Shestakov, I.E. (2021). A multifaceted approach to assessing the effectiveness of remediating oil-contaminated soils. *Russian journal of ecosystem ecology*, (4). doi:https://doi.org/10.21685/2500-0578-2021-4-3.
23. Gao, H. (2021). Agricultural Soil Data Analysis Using Spatial Clustering Data Mining Techniques. doi:https://doi.org/10.1109/iccd51685.2021.9386553.
24. Jung, H.-S., Lim, D., Xu, Z., Kim, J., Lee, J. and Jeong, D. (2021). Zoning of coastal environments based on sediment textural and geochemical characteristics and their major oceanographic constraints: A case study in South Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, 218, p.104883. doi:https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2021.104883.
25. Khayrulina E., Bogush A., Novoselova L., Mitrakova N. Properties of Alluvial Soils of Taiga Forest under Anthropogenic Salinisation // *Forests*. 2021. 12(3): 321. doi: 10.3390/f12030321.
26. Khayrulina E.A., Khmurchik V.T., Maksimovich N.G. The Kizel Coal Basin (The Western Urals, Russia): Environmental problems and Solutions. *Mining Meets Water – Conflicts and Solutions. Proceedings IMWA2016 Annual Conference*. 2016. P. 761–767.
27. Long J., Tan D., Deng S., Lei M. Pollution and ecological risk assessment of antimony and other heavy metals in soils from the world's largest antimony mine area, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. 2018. doi: 10.1080/10807039.2017.1396531.
28. Magno M., Luffman I., Nandi A. Evaluating spatial regression-informed cokriging of metals in soils near abandoned mines in bumpus cove, Tennessee, USA. *Geosciences*. 2021. Vol. 11. doi: 10.3390/geosciences11110434.
29. Martínez-López S., Martínez-Sánchez M.J., Gómez-Martínez M.D., Pérez-Sirvent C. Arsenic zoning in a coastal area of the Mediterranean Sea as a base for management and recovery of areas contaminated by old mining activities. *Applied Clay Science*. 2020. 199. 105881. doi: 10.1016/j.clay.2020.105881.
30. Nassiri O., Láarabi E.L., Hachimi M., Ambrosi J.P., Rhoujjati A. Contamination impact and human health risk in surface soils surrounding the abandoned mine of Zeïda, High Moulouya, Northeastern Morocco. *Environment Development and Sustainability*. 2021. No. 23 (1). doi: 10.1007/s10668-021-01380-6.
31. Opekunov A., Opekunova M., Kukushkin S., Lisenkov S. Impact of drilling waste pollution on land cover in a high subarctic forest-tundra zone // *Pedosphere*. 2022. Vol. 32. P. 414–425. doi: 10.1016/S1002-0160(21)60083-8.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

32. Pashkevich M.A., Bech J., Matveeva V.A., Alekseenko A.V. Biogeochemical assessment of soils and plants in industrial, residential and recreational areas of Saint Petersburg. 2020. doi:10.31897/pmi.2020.1.125.
33. Podlipskiy I.I., Dubrova S.V., Zelenkovskiy P., Lebedev S.V., Izosimova O.S., Chernova E.N., Nesterov E., Egorov P. Geoecological zoning of modern geological objects composed of technogenic soils. Distribution of Zn, Cu, Pb, Fe, Hg and As in technogenic dispersed soils and bottom sediments. 2020. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012016.
34. Rezaei M., Mehdinia A., Saleh A., Modabberi S., Mansouri Daneshvar M.R. Environmental assessment of heavy metal concentration and pollution in the Persian Gulf. Modeling Earth Systems and Environment. 2021. doi: 10.1007/s40808-020-00913-8.
35. Rezaei H., Mehrabi B., Khanmirzaee A., Shahbazi K. Arsenic heavy metal mapping in agricultural soils of Alborz province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2019. 101. P. 127–139. doi:10.1080/03067319.2019.1661398.
36. Silva R.J., Silva Y.J., Straaten P., Nascimento C.W., Biondi C.M., Silva Y.J., Araújo Filho J.C. Influence of parent material on soil chemical characteristics in a semi-arid tropical region of Northeast Brazil. Environmental Monitoring and Assessment. 2022. 194. doi: 10.1007/S10661-022-09914-9194(5)331.
37. Solgi E., Jalili M.J. Zoning and human health risk assessment of arsenic and nitrate contamination in groundwater of agricultural areas of the twenty two village with geostatistics (Case study: Chahardoli Plain of Qorveh, Kurdistan Province, Iran). Agricultural Water Management. 2021. Vol. 255. doi: 10.1016/J.AGWAT.2021.107023.
38. Vodyanitskii Y.N. Contamination of soils with heavy metals and metalloids and its ecological hazard (analytic review) // Eurasian Soil Science. 2013. Vol. 46, No. 7. P. 793–801. doi: 10.1134/S1064229313050153.
39. Wang R., Hou W., Li Y., Yu T., Chen J. Land Safety Zoning Method in High-Selenium and High-Cadmium Areas. Huan jing ke xue= Huanjing kexue. 2019. 40 (12). P. 5524–5530. doi: 10.13227/j.hjkk.201905006.
40. Yu L., Zhang F., Zang K., He L., Wan F., Liu H., Zhang X., Shi Z. Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Cultivated Land Based on Soil Geochemical Zoning: Yishui County, North China Case Study. Water. 2021. doi: 10.3390/w13233322.

Статья поступила в редакцию: 08.06.24, одобрена после рецензирования: 29.06.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 8 June 2024; approved after review: 29 June 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Екатерина Алексеевна Дзюба

старший преподаватель кафедры
биогеоценологии и охраны природы,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
Россия, 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Information about the author

Ekaterina A. Dziuba

Candidate of Geographical Sciences, Associate
Professor, Department of Biogeocenology and
Nature Conservation, Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia

e-mail: aea_eco@mail.ru

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 911.3

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ В ПОНИМАНИИ И РАЗВИТИИ
АГРОТУРИЗМА И СЕЛЬСКОГО ТУРИЗМА****Александр Владимирович Борзенков**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

borzenkov.47@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема трактовки терминов «сельский туризм» и «агротуризм». Несмотря на вековую историю существования термина, единого подхода к определению термина «агротуризм» в мировом научном сообществе так и не было выработано. В качестве ключевых целей статьи выделены следующие: выработать определения терминам «агротуризм» и «сельский туризм», разграничить данные понятия. В статье доказывается, что в процессе роста линейки туристско-рекреационных услуг агротуризм всё больше интегрируется в туристско-рекреационный комплекс.

Общеизвестно большое значение исследований сельского хозяйства и сельской местности, но направленных работ на решение проблемы интеграционного развития агротуризма, сельского туризма как сочетания агропромышленного и туристско-рекреационного комплекса в России не наблюдается. Сегодня в туристско-рекреационном комплексе происходит усложнение потребительских предпочтений в пользу экологического туризма, все больше ферм рассматривают агротуризм как основной или дополнительный вид деятельности. Агротуризм представляет большой научный интерес для теоретической проработки. В основе исследования находится камеральная работа по анализу трудов российских и иностранных авторов, использовался сравнительный метод. Результатом работы является разработанный терминологический аппарат.

Ключевые слова: агротуризм, сельский туризм, фермерство, сельская местность, агропромышленный комплекс, драйверы развития

Для цитирования: Борзенков А.В. Сравнительный анализ подходов в понимании и развитии агротуризма и сельского туризма // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 152–161. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161

RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161

**COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES IN THE UNDERSTANDING AND
DEVELOPMENT OF AGRITOURISM AND RURAL TOURISM****Alexander V. Borzenkov**

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

borzenkov.47@bk.ru

Abstract. The article deals with the problem of interpreting the terms *rural tourism* and *agritourism*. The key objectives of the study are to define the terms and distinguish between these concepts. Agritourism is the basis for the development of tourist and recreational services provided on farms. With the widening range of tourist and recreational services, agritourism turns into rural tourism and integrates into the tourist and recreational complex. The great importance of research in agriculture and rural areas is known, but there are no works aimed at solving the problem of the integration development of agritourism, rural tourism as a combination of agro-industrial and tourist-recreational complexes in Russia. In the tourist and recreational complex, consumer preferences are becoming more complex and oriented toward agritourism, more and more farmers consider agritourism as the main or additional type of activity. Currently, agritourism is of great scientific interest. The present research was based on an analysis of publications of Russian and foreign authors with the use of the comparative method. The result of the work is the developed terminology.

Keywords: agritourism, rural tourism, farming, countryside, agro-industrial complex, development drivers

For citation: Borzenkov, A.V. (2024). Comparative analysis of approaches in the understanding and development of agritourism and rural tourism. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 152–161. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-152-161

Введение

Мировой туризм сегодня сложно представить без агротуризма. Свою популярность в развитых странах данное направление туризма получило благодаря его встраиванию в концепцию экологического туризма, которая подразумевает непосредственную коммуникацию с природными ландшафтами в период рекреации без причинения вреда окружающей среде для последующих поколений. Это направление во многих странах мира реализовалось в виде многочисленных экоферм, где соединились тренды на экотуризм и правильное питание, в том числе через развитие гастрономического туризма. Синергетический эффект в развитии сельского туризма проявляется в становлении событийного туризма, который сравнительно недавно получил новый виток развития в сельской местности [17]. В развивающихся странах сельский туризм со своеобразным этнографическим уклоном стал популярным по следующим причинам:

- 1) это самый дешевый вид туризма для жителей крупных городов;
- 2) наличие наиболее устойчивого туристского потока из развитых стран со сложившейся сложной структурой потребительских предпочтений;
- 3) в развивающихся странах картина урбанизации сформировалась таким образом, что большинство городских жителей – это выходцы из сельской местности в первом или втором поколении с сохраненной генетической памятью и связью с родиной, что позволяет им возвращаться в родные места с целью рекреации, а при низких стартовых издержках организовывать полуперегулируемые туры.

Одной из наиболее очевидных проблем современной науки о туризме является неразработанность терминологии. Необходимо понимать, в чем сущность агротуризма и сельского туризма, сходства и различия. Для нашей страны, где только недавно сформированы принципы сельского туризма, важно определить основные понятия, соответствующие векторам развития этой отрасли.

Обзор литературы

Термины «агротуризм» и «сельский туризм» часто оказываются трудно различимыми. У географов, работающих в русле рекреационной географии, понимания также различны [19]. Официально термин «агротуризм» появился в начале XIX в., первая постоянно действующая ассоциация агротуризма связана с открытием во Франции объединения *Agriculture et tourisme* в 1955 г. [5]. При оформлении этого направления туризма важнейшей позицией было участие «фермеров» в предоставлении услуг прибывающим «экскурсантам» [11]. Наличие интереса у «экскурсантов» было связано с присутствием как дополнительного элемента сельскохозяйственной составляющей в аттрактивных ландшафтах горной местности. Самыми ранними же проявлениями сельского туризма многие авторы считают выезд на природу (на виллы) из городов в период позднего эллинизма и ранней римской эпохи [20].

Сейчас определений агротуризма/сельского туризма множество. Но всё же существуют некоторые различия. В европейской трактовке «аграрный» – связанный с сельскохозяйственным производством (созерцание, работа), «сельский» – присутствие в сельской местности (отдых).

Для американской школы агротуризм – это сельскохозяйственный туризм, который классифицируется как деятельность фермеров, оказывающих услуги, связанные с отдыхом и обучением населения с целью сбыта сельхозпродукции и получения дополнительного дохода (Purdue University, USA) [23]. В данной трактовке агротуризма особое внимание следует обратить на функцию обучения как составного элемента агротуризма, что не часто встречается в других школах. Действительно, в ряде развитых стран многочисленные университетские кампусы вместе с ассоциациями производителей сельскохозяйственной продукции предлагают пройти обучение фермерам для повышения качества сервиса. В некоторых странах процесс обучения является обязательным при предоставлении лицензии на агротуристическую деятельность. Министерство сельского хозяйства Франции, например, продвигает проект агротуристических образовательных ферм, где одновременно могут обучаться более 50 человек.

В большинстве случаев авторы, дающие определения сельского туризма, поступают иначе. В понимании J.W. Kloeze, сельский туризм – это вся туристская деятельность в сельской среде [11]. Данный термин представляется одним из самых емких, но с позиций социально-экономической географии возникает неоднозначная трактовка границ сельской среды. Здесь сельская среда может быть очень размытым понятием, так как в разных странах мира четкого перехода, границы между селом и городом нет.

Схожее с J.W. Kloeze определение формулирует P. Nistureanu: «Сельский туризм – это понятие, которое включает в себя туристскую деятельность, организованную и управляемую местным населением, основанную на тесной связи с окружающей средой – естественной и антропогенной» [21].

*Рекреационная география и туризм**Борзенков А.В.*

В данном случае оно максимально широкое и неопределенное. То есть местные сообщества могут организовать и экологический туризм, косвенно связанный с сельским хозяйством. Исходя из определения, вместо экологического можно поставить событийный или активный туризм, в котором может не найтись место для агропроизводства. С другой стороны, автор говорит, что в основе этой деятельности находятся местные сообщества, обеспечивающие развитие территории с разным набором ландшафтов. Эта трактовка подходит к понятию «туризм в сельской местности».

В географических исследованиях попытки выделить аграрный и сельский туризм в самостоятельные направления начинаются с начала 2000-х гг. Во многих работах аграрный туризм определяется как вид туристической деятельности по использованию природных, культурно-исторических и иных ресурсов на селе для создания комплексного туристического продукта, когда размещение туристов на агрофермах берет на себя принимающая семья [1]. По мнению А.Б. Здорова, в большинстве случаев толкования сельского туризма, или агротуризма, довольно расплывчаты. Агротуризм дополнительно, помимо средств отдыха, предполагает использование туристов в пиковые сезоны в качестве рабочей силы в сельхозпроизводстве, переработке и строительстве [7].

Другие авторы, приводя разнообразные трактовки термина, подтверждают его «расплывчатость». Например, О.В. Власенко определяет агротуризм как вид сельских подсобных производств, который включает спектр возможных агротуристических услуг: наблюдение и уход за домашними животными и растениями; катание на лошади; питание с использованием продукции местного производства и промыслов; приобретение сувенирной продукции и др. [3]. В.В. Миненкова говорит, что агротуризм – вид сельского туризма, направленный на знакомство и вовлечение туристов в сельскохозяйственные виды деятельности (участие в работах) [15]. Но одновременно в других источниках, по М.С. Селезневу, агротуризм – это вид деятельности, организуемый в сельской местности, предполагающий формирование и предоставление приезжим гостям комплексных услуг по проживанию, отдыху, питанию, экскурсионному обслуживанию, организации досуга и спортивных мероприятий, рыбалки, охоты, приобретению знаний и навыков, а также возможности занятия активными видами туризма [3, С. 163–166].

Е.Л. Дугина и В.Ц. Аханаева называют агротуризм сельским туризмом, что предполагает отдых туристов в сельской местности и проживание в условиях, максимально приближенных к деревенским, предполагающий участие в сельхозработах, питание натуральными продуктами, знакомство с крестьянским бытом, который может сочетаться с различными видами активного и пассивного отдыха [6].

Сельский туризм, хотя можно встретить наряду с данным термином и фермерский, и агротуризм, и деревенский, подразумевает под собой предоставление услуги размещения в характерных жилых постройках, а также услуги питания, которые основываются на блюдах, приготовленных из местных экологически чистых продуктов, с возможностью участия в жизни населенного пункта, а при желании и целого региона – считают Т.А. Макарова и О.Д. Омельченко [3, С. 184–188].

А.Л. Третьяков не разделяет это мнение. Под сельским туризмом (агротуризмом) он понимает сектор туристской индустрии, ориентированный на использование природных, культурно-исторических и других ресурсов сельской местности и её особенностей для создания комплексного туристского продукта [22].

Заслуживает внимания одна из трактовок сельского туризма, предложенная Н.А. Мозгуновым (2010), которая близка к нашему представлению. Он считает, что сельский туризм – это качественно новое направление туристской деятельности, включающее конкретный комплекс услуг, то есть признаками сельского туризма являются виды сервисной деятельности, такие как сдача жилья в наем, предоставление полного или частичного пансиона, развлекательные услуги, демонстрация этнических традиций. В подавляющем числе случаев эта деятельность является дополнительной к основному виду занятости – помимо сервиса, есть еще и производство сельскохозяйственной продукции, которая для сельского туризма первична [16].

Во многих работах прослеживается мысль, что в процессе эволюции лишь немногие фермы достигают такой популярности, при которой доход от туристско-рекреационной деятельности будет перекрывать производственную функцию, и тогда сельское хозяйство становится витриной для туриста. Основная цель практикующих фермеров, занимающихся сельским туризмом, это попытка диверсифицировать прибыль и сделать хозяйство более устойчивым в период неблагоприятной конъюнктуры рынка, что сейчас особенно актуально.

Есть группа авторов, которые считают, что агротуризм является частью сельского туризма. Анализируя множество подходов к определениям аграрного туризма и сельского туризма, Сарафанова А.Г.

*Рекреационная география и туризм**Борзенков А.В.*

и др. показывают, что агротуризм может быть определен как подвид сельского туризма вместе с зеленым, дачным, фермерским и усадебным. По их мнению, агротуризм предполагает участие в сельскохозяйственном природопользовании. Турист не только живёт в сельской местности, ведёт сельский образ жизни, соблюдая местные традиции и обычаи, но и, что самое важное, участвует в сельскохозяйственной деятельности. Авторы, ссылаясь на Федеральное агентство по туризму, утверждают, что доля сельского туризма в России составляет 1,5–2 % в структуре туристских потоков, тогда как в европейских странах до 15–20 % [21], что может быть резервом развития российских сельских территорий.

Т.В. Литвиненко указывает, что агротуризм как разновидность сельского обязательным территориальным условием реализации должен иметь сельскую местность [14]. В этом с ней можно согласиться.

В нашей стране в правовом поле трактовка сельского туризма была впервые дана в связи с принятием Федерального закона от 02.07.2021 № 318-ФЗ. Согласно закону, сельский туризм – это посещение сельской местности, малых городов с численностью населения до 30 тысяч человек в целях отдыха, приобщения к традиционному укладу жизни, ознакомления с деятельностью и (или) участия в сельхозработах без извлечения материальной выгоды [24]. Для большинства городских жителей смена обстановки означает природные ландшафты или привлекательные малоурбанизированные поселения. В этом контексте, учитывая небольшое расстояние от места постоянного проживания, удачным вариантом отдыха выходного дня будет отдых вне урбанистического пространства [13].

Учитывая зарубежный опыт, а также особенности современной экономической ситуации в России, можно утверждать, что важными шагами на пути формирования отраслевого комплекса аграрного туризма является включение этого направления экономической деятельности в сферу государственного регулирования экономики [1]. Важно подчеркнуть необходимость вовлечения в орбиту аграрного туризма малых городов. Большинство малых городов в России имеют облик, схожий с селами, уклад жизни в них таков, что их население активно участвует в производстве сельскохозяйственной продукции в рамках личных подсобных хозяйств (ЛПХ). Во многих малых городах и поселках живы народные промыслы [4]. Но современная государственная трактовка сельского туризма дает жесткое ограничение: деятельность в сфере услуг сельского туризма могут оказывать исключительно сельскохозяйственные товаропроизводители (иначе в правовом поле это уже другие виды туризма) и, что самое важное, соответственно, формы поддержки. По итогу, в институциональном поле России действует определение, где субъектом сельского туризма выступает сельскохозяйственный товаропроизводитель, что сближает понятия «сельский туризм» и «агротуризм».

В теоретических обобщениях А.И. Зырянов и В.А. Семиглазова утверждают, что сельский туризм выступает частью территориальной социально-экономической системы (ТСЭС) и имеет принадлежность к конкретному географическому пространству – сельской местности, где системообразующей базой сельского туризма выступают элементы природно-ресурсной, производственной, населения и его расселения и рекреационной подсистем [10]. Мы считаем, что основной особенностью аграрного туризма является наличие и развитие сельхозпроизводства как основы туризма и средства активного отдыха, сельский же туризм должен основываться на отдыхе и рекреации, знакомстве с жизнью и бытом фермеров.

Результаты и их обсуждение

В рамках данной работы автор предлагает корректировку терминов «агротуризм» и «сельский туризм», исходя из сложившихся представлений авторов, работающих в направлении «сельский и аграрный туризм», и собственных исследований, связанных с практической стороной реализации сельского/аграрного туризма. Для нас агротуризм – это базовая специализация сельского туризма, так как хозяйствующие субъекты задают профиль развития (мясомолочное, виноградарство, коневодство и пр.). Соответственно, большинство предоставляемых услуг связано с процессом его основной деятельности.

В понимании автора, агротуризм – это туристско-рекреационные услуги, предоставляемые сельскохозяйственными товаропроизводителями на сельскохозяйственных землях для получения ими дополнительной выручки с целью диверсификации аграрных доходов и занятости, а для рекреантов получения впечатлений, умений и знаний. Это определение схоже с государственной позицией, но относится оно больше к аграрному туризму, чем к сельскому. В сельском туризме в связи с широкой линейкой туристских услуг производственная функция может уходить на второй план, производство как

*Рекреационная география и туризм**Борзенков А.В.*

способ («витрина») привлечения туристов, а не основная деятельность фермера, то есть услуги, которые фермеры позаимствовали из туристско-рекреационного комплекса с целью удовлетворения запросов рекреантов (зоопарки с экзотическими животными, эко-тропы, ремесленное дело и пр.). Услуги агротуризма замыкаются на сельскохозяйственном производстве с более короткой линейкой услуг нежели сельский туризм. При этом оба направления имеют равные шансы на получение государственной поддержки.

В текущих конъюнктурных реалиях сельский туризм – одно из средств для выживания малых форм хозяйствования (МФХ). Диверсификация источников доходности позволяет МФХ оставаться «на плаву» даже в периоды неблагоприятной конъюнктуры рынка, что косвенно способствует стабилизации социально-экономической ситуации на селе в кризисные периоды.

Сельский туризм неразрывен с такими устоявшимися формами туризма, как событийный, этнографический, экологический и гастротуризм (в т.ч. энотуризм). Дополнительный эффект оказывает маршрутный туризм, соединяющий все вышеупомянутые типы. Как и экотуризм, сельский туризм фокусируется на путешествиях с низкой себестоимостью, что позволяет расширить возможности сельских сообществ как в социальном, так и в экономическом плане. Признавая необходимость диверсификации своих источников доходов и увеличения устойчивости на концентрирующемся рынке, многие фермеры рассматривают туризм как жизнеспособный вариант обеспечения долгосрочной активности бизнеса на селе несмотря на то, что туризм на ферме является второстепенным видом деятельности.

Анализ проявления агро- и сельского туризма в странах Европы не позволяет найти универсальной концепции его развития для России. Во Франции агротуризм появился на фоне ускоренной урбанизации 1950-х гг. Оказалось, что экономически целесообразно восстанавливать покинутые фермы тогда, если их использовать как объекты туризма со специализацией на виноградарстве и сыроделии [2]. В Германии сельский туризм стал развиваться до объединения страны и был обусловлен развитием сельской аренды, использованием фермерских усадеб как гостевых домов. Поэтому туризм в сельской местности западных федеральных земель оказался более распространенным, чем в восточных. В 1970-х гг. услуги проживания и отдыха на фермах начали предлагать в Италии. Развита практика семейных ферм, где каждое последующее поколение заинтересовано в высокой оценке сервиса имения. В Латвии сельский туризм – это такой вид отдыха, который предполагает нахождение туриста в поселении или сельской местности с численностью местных жителей до 5 тыс. чел.¹ и предоставление ему персонализированных услуг, связанных с погружением в быт, образ жизни и традиции фермера. Особенностью сельского туризма в Латвии является понимание, что туризм должен трудоустроить население и приносить доход тем людям, которые проживают непосредственно в той местности, куда приехали туристы, а не посредникам этой деятельности, в качестве которых выступают турфирмы и маркетплейсы.

Туристско-рекреационная деятельность на той или иной территории состоит в формировании территориальных туристско-рекреационных систем (ТТРС), которые в свою очередь являются частью территориальных социально-экономических (ТСЭС) или общественных систем (ТОС) [21]. Изучение туризма как явления всегда становится междисциплинарным процессом. В нашем случае происходит взаимодействие/взаимовлияние компонентов двух систем (туристско-рекреационной и агропромышленной).

Системообразующими акторами в агротуризме являются материальное производство, а также связанные с ним инфраструктура и материальные средства (пашня, скот, оборудование и техника), которые становятся объектом интереса рекреантов. В сельском туризме к системообразующим акторам добавляется население, выступающее, с одной стороны, как объект интереса (этногеографические особенности), с другой – как рабочая сила для организации рекреационного процесса с более широкой линейкой услуг и обслуживания социально-бытовой инфраструктуры (гостевые дома, объекты питания и пр.) (рис. 1). По мнению автора, данная система взаимодействия вписывается в системы более высокого уровня как в ТТРС, так и в системы АПК и ТРК.

По мнению А.Б. Здорова: «Агротуризм в системе АПК традиционно был соподчиненной отраслью или промыслом, но при объединении АПК и туристского комплекса, включающего множество видов деятельности (культура, здравоохранение, экология, транспорт, спорт и др.), возникает новая структурная система, интегратором которого выступает сельский, аграрный туризм [7].

¹ URL: https://tourlib.net/statti_tourism/zarichnaya.htm

В качестве примера интеграции агротуризма в сельский можно привести исследованное нами фермерское хозяйство (30 га) С. Балаева – создателя проекта «ЭкоДеревушка» под Коломной. Первоначально ферма имела специализацию на разведении скота. Но с ростом направлений туристкой специализации появились зоопарк с экзотическими животными, улитководство (в т.ч. гастрономическое), пасека, сыроварни, аптекарский огород, что расширило агротуристское направление до сельского туризма. Хозяйство стало витриной, сохранив производственную функцию только для обеспечения туристских услуг. В планах открыть с гастрономическими целями лягушачью ферму.

В 1978 г. Котляровым Е.А. была обоснована концепция о территориальном рекреационном (хозяйственном) комплексе (ТРК). Концепция дала возможность изучения взаимосвязей между рекреационным хозяйством и объектами других отраслей. Территориальный рекреационный комплекс представляет собой сочетание рекреационных учреждений и сопутствующей инфраструктуры, объединенных тесными производственными и экономическими связями, а также совместным использованием географического положения, природных и экономических ресурсов территории, занимаемой комплексом [12].

По мнению автора, пока однозначно нельзя сказать о расширении ТРК в направлении сельского туризма на основе общности природных (агроклиматических) и экономических ресурсов, так как на селе зачастую отсутствуют элементы инфраструктуры. К тому же в большинстве местностей ощущается острая нехватка трудовых ресурсов, внебюджетных инвестиций, государственной поддержки местных инициатив [9]. На современном этапе сельский туризм – есть дестинация будущих ТРК и ТТРС в интеграционном сочетании с АПК.

Помимо господдержки современный успех агротуризма в России определило и то, что была найдена универсальная форма турпродукта. Продукт отвечал новым условиям постиндустриального общества, новым запросам основного потребителя – горожанина из «среднего класса», учитывал особенности его образа жизни, психологические и культурные потребности.

В 1990-х гг. В.С. Преображенский и Ю.А. Веденин в круг основных нерешенных проблем рекреационной географии включили изучение эволюции рекреационно-географического пространства на самых разных уровнях – от территориальных общностей до семьи и индивида, что является «непривычным» для географии уровнем [18]. Агротуризм на проанализированных фермах развивается непосредственно на активности индивидов. Отдельные индивиды (фермеры) начали создавать очаги туристских услуг на базе своих хозяйств. Произошло проникновение на локальный уровень туристской субкультуры, что скорее обусловлено процессами глобализации. При этом элементы ТТРС не были связаны устойчивыми связями с данными дестинациями. Территориальная рекреационная система нашла точки соприкосновения только после популяризации ферм, посредством включения хозяйств в маршрутный туризм.

Анализируемые отраслевые и интегральные территориальные системы сельского хозяйства [по А.М. Носонову, 17] и туристско-рекреационные системы обладают общесистемными свойствами: зависимостью от системы расселения, открытостью, способностью к самоорганизации и развитию. Последнее проявилось в появлении сельского туризма как такого интегрального направления двух систем. В обеих системах велика роль природной составляющей. Природные геосистемы определяют агроклиматический и аттрактивный потенциал территории, которые в свою очередь вносят вклад в природно-рекреационный потенциал сельской местности. В связи с этим сельский туризм получил свойства обеих систем (рис.).

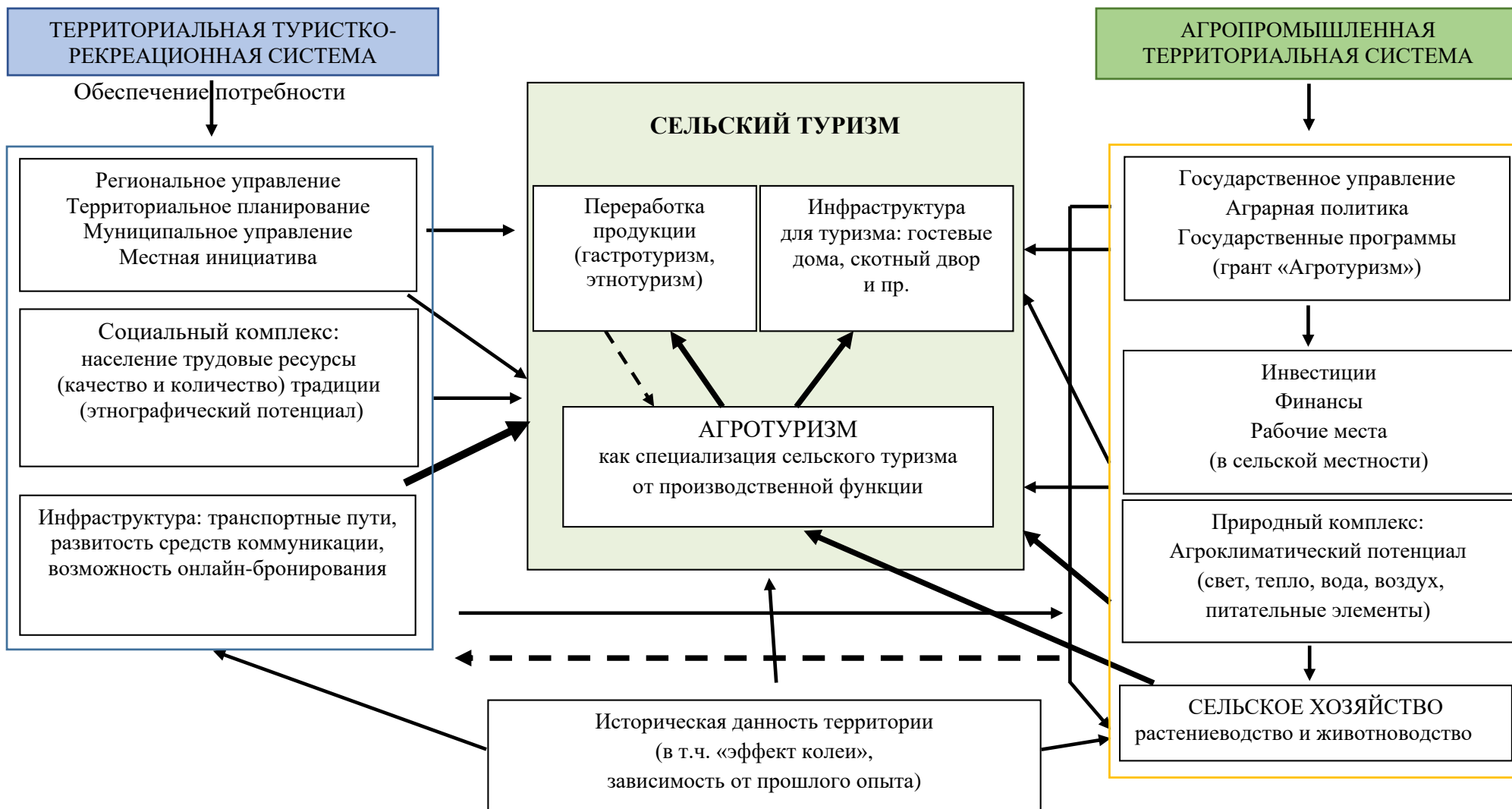


Рис. Сельский туризм как элемент взаимодействия туристско-рекреационной и агропромышленной территориальных систем
 Fig. Rural tourism as an element of interaction between tourism-and-recreational and agro-industrial territorial systems

Рекреационная география и туризм
Борзенков А.В.

Гетерогенность проявляется в наличии разных по происхождению объектов: природных, техногенных (инфраструктура), социальных (трудовые кадры). Анизатропность хозяйств является способностью проявлять разные направления специализации, представляя как материальное производство, так и сферу услуг. Локализованность проявляется на уровне ареалов вследствие территориальной дифференциации агроклиматического, природно-рекреационного и историко-культурного потенциала, туристской инфраструктуры. По степени развития туристского пространства сельский туризм можно отнести к переходному от пространства исследования (начало изучения и туристского освоения) к пространству проникновения, которое характеризует кратковременный отдых.

По итогу, сельский туризм возник на основе усложнения цепочки услуг фермерских хозяйств, занимающихся материальным производством в АПК. В настоящее время это направление развивается в рамках туристско-рекреационной системы, а агротуризм (как базовая материальная ступень) остался в границах производственной подсистемы. При этом оба явления входят в более емкую территориальную социально-экономическую систему (ТСЭС).

Заключение

В настоящее время не выработалась единой трактовки понятий «сельский туризм/агротуризм». В научных трудах понятие «сельский туризм» является преимущественно интегральным, более емким, а в ряде работ тождественным понятию «агротуризм». В зарубежных странах сельским туризмом называют все туристско-рекреационные услуги на селе.

Исследование показало, что все агротуристические услуги одновременно являются услугами сельского туризма, но не все услуги сельского туризма происходят из агротуризма, например, услуги по временному размещению туристов, предоставлению питания, организации досуговых мероприятий и прочие виды отдыха на сельскохозяйственных землях являются приобретенными туристскими услугами. То есть те услуги, которые переходят из туристско-рекреационного комплекса с целью удовлетворить запрос на комфортный отдых рекреантов. Услуги агротуризма замыкаются на сельскохозяйственном производстве, меньше способствуя диверсификации доходов, нежели сельский туризм. Однако оба понятия входят в еще более емкое определение – «туризм в сельской местности». Туризм в сельской местности – это все туристические услуги на селе (широкий подход), в том числе организованные турагентствами из крупных городов, например событийный туризм (музыкальный фестиваль), религиозный туризм, активный туризм (спортивный марафон) и пр. При широком подходе мы говорим о большом влиянии туризма на популяризацию сельской местности, но зачастую видим ограниченное взаимодействие с сельской местностью. При широкой трактовке понятия трудно говорить о привлечении стабильного потока инвестиций в сельскую местность, открытии рабочих вакансий, появлении сельскохозяйственных рекреационных услуг. Поэтому наиболее важен акцент непосредственно на агро- и сельский туризм в их узком понимании, создании инвестиционного потенциала для них.

Таким образом, агротуризм – это базовая функция сельского туризма, без агротуризма существование сельского туризма невозможно. При дальнейшем наслаивании туристско-рекреационных услуг, не связанных с производством, но оказываемых на фермах, агротуризм трансформируется в сельский туризм. Новый закон предоставил аграриям возможность оказывать услуги в малых городах, что выходит за рамки сельского туризма и может трактоваться как туризм в «сельской местности», учитывая облик большинства малых городов. Туризм в сельской местности указывает лишь на место проведения рекреации, представляет для исследователя «черный ящик», где внутренние связи туристско-рекреационного комплекса и агропромышленного невозможно отследить, что требует конкретных исследований на основе первичной полевой статистики.

Библиографический список

1. Адамеску А.А., Воскресенский В.Ю. Аграрный туризм как инновационный фактор развития аграрно-промышленного комплекса // Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 13. С. 82–90.
2. Адамеску А.А., Воскресенский В.Ю. Современные подходы к организации агротуризма в странах Центральной и Восточной Европы // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 33. С. 67–71.
3. Актуальные проблемы развития сельского (аграрного) туризма в условиях современных геополитических и социально-экономических вызовов: материалы всерос. науч.-практ. конф. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2017. 224 с.
4. Валькова Т.М., Шабалина Н.В. Туризм в малых городах: Зарайск // Географическая среда и живые системы. 2019. № 2. С. 144–154. doi: <https://doi.org/10.18384/2310-7189-2019-2-144-154>.
5. Гасанов Д., Шереметьев В.И., Фастович Г.Г. Агротуризм // Научный форум: юриспруденция, история, социология, политология и философия. 2019. С. 6–12.

Рекреационная география и туризм

Борзенков А.В.

6. Дугина Е.А. Некоторые проблемы развития агротуризма в республике Бурятия / Е.А. Дугина, В.Ц. Аханаева // Туризм и культура в современном мире: матер. междунар. науч.-практ. конф. СПб, 2011.
7. Здоров А.Б. Агротуристский комплекс. Формирование и развитие: монография. Химки: Российская международная академия туризма. 2011. 277 с.
8. Зорин И.В., Преображенский В.С., Веденин Ю.А. Разнообразие территориальных рекреационных систем и их типизация // Теоретические основы рекреационной географии. М., 1975.
9. Зубаревич Н.В. Развитие сельских территорий России, социальные и гендерные проблемы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 2. С. 12–14.
10. Зырянов А.И., Семиглазова В.А. Сельский туризм: от географических конструктов к моделям развития // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42, № 1. С. 33–41.
11. Казначеева С.Н., Челнокова Е.А., Коровина Е.А. Агротуризм как одно из перспективных направлений индустрии туризма // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 3–2. С. 248–252.
12. Котляров Е.А. География отдыха и туризма. Формирование и развитие территориальных рекреационных комплексов. М.: Мысль, 1978. 238 с.
13. Кропинова Е.Г., Митрофанова А.В. Подходы калининградских исследователей к районированию для целей туризма и рекреации // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2010. № 1. С. 197–209.
14. Литвиненко Т.В. Разработка критериев и индикаторов для оценки потенциала региона озера Бива, Япония, для организации агротуризма и рекреации // «Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования»: труды IV междунар. науч.-практ. конф. М.: Диалог культур, 2009. С. 638.
15. Миненкова В.В. Сельский туризм: сущность и направления развития // Актуальные проблемы развития сельского (аграрного) туризма в условиях современных геополитических и социально-экономических вызовов. 2017. С. 53–59.
16. Мозгунов Н.А. «Географические факторы развития сельского туризма в Центральной России»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. URL: <http://www.geogr.msu.ru/science/diss/oby/Mozgunov.pdf>.
17. Носонов А.М. Территориальные системы сельского хозяйства. М.: Янус-К, 2001. 324 с.
18. Преображенский В.С. и др. Теоретические основы рекреационной географии / В.С. Преображенский. М.: Наука, 1975.
19. Самойленко А. А. Сельский и аграрный туризм-сущность, общность и различия // Курорты. Сервис. Туризм. 2018. № 2. С. 37–53.
20. Сарафанова А.Г., Шабалина Н.В., Сарафанов А.А. Сельский и агротуризм: подходы к определению // Современные проблемы сервиса и туризма. 2020. Т. 14, № 1. С. 100–108. doi: 10.24411/1995-0411-2020-10110
21. Территориальные туристско-рекреационные системы: монография / Л.Ю. Мажар. Смоленск: Универсум, 2008. 212 с.
22. Третьяков А.Л. Сельский (аграрный) туризм как уникальное явление воспитания и социализации обучающихся в контексте современных социально-экономических вызовов // Актуальные проблемы развития сельского (аграрного) туризма в условиях современных геополитических и социально-экономических вызовов. 2017. С. 202–207.
23. Университет Пердью, США. Материалы исследовательской программы Discovery park. 2005. URL: <http://www.purdue.edu/home> Дата доступа :01.06.2021.
24. Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 318-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» и статью 7 Федерального закона «О развитии сельского хозяйства». Москва, 2021. URL: <http://government.ru/docs/all/> Дата доступа: 01.09.2023.

References

1. Adamesku A. A., Voskresenskij V. YU. Agrarnyj turizm kak innovacionnyj faktor razvitiya agrarno-promyshlennogo kompleksa //Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. – 2008. – №. 13. – pp. 82-90
2. Adamesku A. A., Voskresenskij V. YU. Sovremennye podhody k organizacii agroturizma v stranah Central'noj i Vostochnoj Evropy //Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika. – 2009. – №. 33. – pp. 67-71.
3. Aktual'nye problemy razvitiya sel'skogo (agrnogo) turizma v usloviyah sovremennyh geopoliticheskikh i social'no-ekonomicheskikh vyzovov: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. – Krasnodar: Kubanskij gos. un-t, 2017. – 224 p. – 500 copy.
4. Val'kova T. M., SHabalina N. V. Turizm v malyh gorodah: Zarajsk // Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy. 2019. №2.
5. Gasanov D., SHERemet'ev V. I., Fastovich G. G. AGROTURIZM //Nauchnyj forum: yurisprudenciya, istoriya, sociologiya, politologiya i filosofiya. – 2019. – pp. 6-12.
6. Dugina E.A. Nekotorye problemy razvitiya agroturizma v respublike Buryatiya / E.A. Dugina, V.C. Ahanaeva // Turizm i kul'tura v sovremennom mire: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb., 2011
7. Zdorov A.B. Agroturistskij kompleks. Formirovanie i razvitie: monografiya. – Himki: Rossijskaya mezhdunarodnaya akademiya turizma, 2011. – 277 p.
8. Zorin I.V., Preobrazhenskij V.S., Vedenin YU.A. Raznoobrazie territorial'nyh rekreacionnyh sistem i ih tipizaciya // Teoreticheskie osnovy rekreacionnoj geografii. – M., 1975.
9. Zubarevich N.V. Razvitie sel'skih territorij Rossii, social'nye i gendernye problemy // MSKH. 2017. №2.
10. Zyryanov A. I., Semiglazova V. A. Sel'skij turizm: ot geograficheskikh konstruktov k modelyam razvitiya //Geografiya i prirodnye resursy. – 2021. – Vol. 42. – №. 1. – pp. 33-41.
11. Kaznacheeva S.N., Chelnokova E.A., Korovina E.A. Agroturizm kak odno iz perspektivnyh napravlenij industrii turizma // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2017. – № 3-2. – pp. 248-252.
12. Kotlyarov E.A. Geografiya otдыha i turizma. Formirovanie i razvitie territorial'nyh rekreacionnyh kompleksov. – M.: Mysl', 1978. – 238 p.
13. Kropinova E. G., Mitrofanova A. V. Podhody kaliningradskih issledovatelej k rajonirovaniyu dlya celej turizma i rekreacii //Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye nauki. – 2010. – №. 1. – pp. 197-209.

Рекреационная география и туризм

Борзенков А.В.

14. Litvinenko T.V. Razrabotka kriteriev i indikatorov dlya ocenki potenciala regiona ozera Biva, YAponiya, dlya organizacii agroturizma i rekreacii // «Turizm i rekreaciya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya»: Trudy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Dialog kul'tur, 2009. p. 638.
15. Minenkova V. V. Sel'skij turizm: sushchnost' i napravleniya razvitiya // Aktual'nye problemy razvitiya sel'skogo (agrarnogo) turizma v usloviyah sovremennyh geopoliticheskikh i social'no-ekonomicheskikh vyzovov. – 2017. – pp. 53-59.
16. Mozgunov N.A. «Geograficheskie faktory razvitiya sel'skogo turizma v Central'noj Rossii» (avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk). URL: <http://www.geogr.msu.ru/science/diss/oby> .
17. Nosonov A.M. Territorial'nye sistemy sel'skogo hozyajstva /A.M. Nosonov // – M.: YAnus-K, 2001. – 324 p.
18. Preobrazhenskij V.S. i dr. Teoreticheskie osnovy rekreacionnoj geografii // VS Preobrazhenskij-M.: Nauka. – 1975.
19. Samojlenko A. A. Sel'skij i agrarnyj turizm-sushchnost', obshchnost' i razlichiya //Kurorty. Servis. Turizm. – 2018. – №. 2. – pp. 37-53.
20. Sarafanova A. G., SHabalina N. V., Sarafanov A. A. Sel'skij i agroturizm: podhody k opredeleniyu // Sovremennye problemy servisa i turizma. 2020. №1.
21. Territorial'nye turistsko-rekreacionnye sistemy: Monografiya / L.YU. Mazhar. – Smolensk: Universum, 2008. – 212 p.
22. Tret'yakov A. L. Sel'skij (agrarnyj) turizm kak unikal'noe yavlenie vospitaniya i socializacii obuchayushchihsya v kontekste sovremennyh social'no-ekonomicheskikh vyzovov //Aktual'nye problemy razvitiya sel'skogo (agrarnogo) turizma v usloviyah sovremennyh geopoliticheskikh i social'no-ekonomicheskikh vyzovov. – 2017. – pp. 202-207.
23. Universitet Purd'yu, SSHA. Materialy issledovatel'skoj programmy Discovey park. URL: <http://discoverypark.e-enterprise.purdue.edu>
24. FZ ot 02.07.2021 N 318-FZ «O vnesenii izmenenij v FZ «Ob osnovah turistskoj deyatel'nosti v RF» i stat'yu 7 FZ «O razvitii sel'skogo hozyajstva».

Статья поступила в редакцию: 27.06.2023, одобрена после рецензирования: 13.08.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 27 June 2023; approved after review: 13 August 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Александр Владимирович Борзенков
аспирант, Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносова;
119991, г. Москва, Ленинские горы, 1

Information about the author

Alexander V. Borzenkov
Postgraduate Student, Lomonosov Moscow State
University;
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia
e-mail: borzenkov.47@bk.ru

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-162-177

MARKETING STRATEGIES FOR PROMOTING GLOBAL AND REGIONAL MEDICAL TOURISM MARKETS

Nikolai A. Grudtsyn¹, Anatoly I. Chistobaev²

^{1,2} Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

¹ poxes@yandex.ru

² chistobaev40@mail.ru

Abstract. The article covers current issues of interdisciplinary research in the field of marketing strategies development for advancing medical tourism – a growing trend in health preservation systems at the global and regional levels. It is demonstrated that with a comprehensive approach to researching the marketing of medical tourism, it becomes possible to establish the demand and supply with regard to medical, wellness, cultural-educational, and recreational facilities, as well as the functionally associated elements of infrastructure. The object of marketing research in medical tourism is defined as a set of evaluative characteristics of the internal and external environments of medical institutions, medical tourists' requests, market parameters, competitors and contractors, equipment and goods suppliers, and intermediaries. The subject of such research should be seen in the interrelations between marketing and tourism, tourism and medicine, and marketing and medicine. Medical tourism marketing is defined as the systematic and coordinated use of methods and tools aimed at attracting clients from other countries and regions by promoting unique medical services and attractive tourist packages. The article proposes methods (SWOT analysis, Porter's Five Forces, Ansoff Matrix, etc.) and a set of tools (customer incentives, information provision, verified assessment system, partnership, internet network, real-time communication, etc.) to be used for marketing research in medical tourism. The levels of Internet usage by country and the impact of this trend on the digitalisation of medical tourism marketing are demonstrated. One of the marketing strategy tools – mobile applications – is characterised when applied to the conditions of some foreign countries and Russia. Map charts of Russia provided reflect the geographical (region-wise) features of obtaining state and municipal services, which can be productively used in marketing strategies for medical tourism.

Keywords: health preservation, strategic development, medical tourists, infrastructure, government and municipal services, mobile applications

Funding. The work was supported by the Russian Science Foundation Grant No. 23-28-00279 'Development trajectories of the Russian medical tourism market in the reformatting of the world order'.

For citation: Grudtsyn, N.A., Chistobaev, A.I. (2024). Marketing strategies for promoting global and regional medical tourism markets. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 162–177. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-162-177

Научная статья

УДК 338.48+339.138

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-162-177

МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ ПРОДВИЖЕНИЯ НА ГЛОБАЛЬНЫЙ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЫНКИ МЕДИЦИНСКОГО ТУРИЗМА

Николай Алексеевич Грудцын¹, Анатолий Иванович Чистобаев²

^{1,2} Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

¹ poxes@yandex.ru

² chistobaev40@mail.ru

Аннотация. В статье освещаются актуальные вопросы междисциплинарных исследований в области разработки маркетинговых стратегий развития медицинского туризма – растущего тренда в системах здоровьесбережения глобального и регионального уровней. Показано, что при комплексном подходе к исследованию маркетинга медицинского туризма становится возможным выявление спроса и предложений на медицинские, оздоровительные, культурно-познавательные и рекреационные объекты, а также функционально связанные с ними элементы инфраструктуры. Определен объект маркетинговых исследований медицинского туризма как совокупность оценочных характеристик внутренней среды и внешнего окружения медицинских учреждений, спектра запросов медицинских туристов, параметров рынка, конкурентов и контрагентов, поставщиков оборудования и товаров, посредников. В качестве предмета исследований установлены взаимосвязи между маркетингом и туризмом, туризмом и медициной, маркетингом и медициной. Сформулирована дефиниция маркетинга медицинского туризма как систематическое и координированное использование методов и инструментария привлечения клиентов из других стран и регионов путем продвижения уникальных медицинских услуг и привлекательных туристских пакетов. Предложены методы (SWOT-анализ, пяти сил Портера, матрица Ансоффа и др.) и совокупность инструментов (стимулирование клиентов, обеспечение информацией, верифицированная система оценок, партнерство, сеть Интернет, оперативная коммуникация, участие в выставках и конференциях, пакетные предложения услуг, мобильные приложения) маркетинговых исследований в



*Рекреационная география и туризм**Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.*

области медицинского туризма. Освещены уровни использования сети Интернет по странам мира и влияние данного тренда на диджитализацию маркетинга медицинского туризма. Охарактеризован в приложении к условиям некоторых зарубежных стран и России один из инструментов маркетинговой стратегии – мобильные приложения. На картах России (в разрезе ее регионов) отражены географические особенности получения информации государственных и муниципальных услуг, которые могут быть продуктивно использованы при маркетинговых стратегиях медицинского туризма.

Ключевые слова: здоровьесбережение, стратегическое развитие, медицинские туристы, инфраструктура, государственные и муниципальные услуги, мобильные приложения

Финансирование: работа выполнена по гранту РНФ № 23-28-00279 «Траектории развития медицинского туризма в условиях реформирования мирового порядка».

Для цитирования: Грудцын Н.А., Чистобаев А.И. Маркетинговые стратегии продвижения на глобальный и региональные рынки медицинского туризма // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 162–177. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-162-177

Introduction

Medical tourism is aimed at patients coming from foreign countries or other regions of their country who need quality medical care at affordable prices [8, 33]. Its specifics and spatial organisation determine the need to develop an appropriate management mechanism that would be based on methodological constants and techniques of management and marketing. We studied the methodological foundations of the cluster approach as applied to medical tourism in a special article published in the Geographical Bulletin [13].

Based on the most widely accepted definition of marketing as a human activity aimed at satisfying needs and desires through exchange [23], the primary function of marketing research is to increase consumption and consumer satisfaction, expanding the range of consumer choices. Marketing addresses analytical, production, sales (provision of goods/services), and managerial (including control) tasks. The internal environment and external context of an institution/organisation, real and potential consumers, market parameters, macro-environmental factors, potential competitors and counterparts, equipment and goods suppliers, and intermediaries are the objects, while establishing connections between them is the subject of marketing research. Medical tourism marketing is driven by the need for specific medical services and the demand for them in the market. This demand is influenced by individuals' financial capacity and their psychological traits when they use both medical and non-medical services. Additionally, consumers' awareness of the offerings provided by medical institutions or tourism companies, along with the supporting infrastructure.

An analysis of a bibliographic dataset on medical tourism, comprising 1,535 publications dated between 1952 and 2020 [14], revealed that the term ‘marketing’ is mentioned in the titles of 26 articles, in the abstracts of 111 articles, in 65 index keywords, and 33 author keywords. In 159 publications (representing approximately 10.4% of the total dataset), the term “marketing” appeared either in the title, abstract, or keywords.

Both Russian and foreign literature on tourism and medical tourism marketing covers a wide range of topics, including marketing in general [2, 15-16, 19, 21, 37, 40], state marketing and international relations in medical tourism [3-4, 11], concepts and marketing tools [1, 7, 12, 20, 37, 23, 29, 30, 34], marketing programs in medical tourism [27], regional studies in the field of tourism, medicine and recreation [24, 26, 31, 38 - 39].

Our study does not duplicate the mentioned publications. Instead, it aims to develop a comprehensive approach to substantiating the toolkit of marketing strategies applied to the specific type of geospatial strategy in medical tourism. It is this circumstance that determines the scientific novelty and practical significance of this article.

The goal of the research is to determine the functions, development methods, and implementation tools of marketing strategies aiming to advance medical tourism as one of the components of public health preservation at various hierarchical levels.

Data Base and Research Methodology

The study is based on the authors' findings obtained during research under grants from the Russian Foundation for Basic Research (2018–2021) and the Russian Science Foundation (2023–2024) and devoted to a comprehensive assessment of the phenomenon of marketing in medical tourism as an element of the tourist-recreational system and one of the ‘green economy’ sectors.

The study utilises a wide range of well-known methods and tools for analysing the marketing environment, including Porter's Five Forces analysis, SWOT analysis, Ansoff matrix, competitive positioning polygon, BCG matrices, and segmentation.

The first part of the article focuses on exploring the application of marketing and strategic management tools for analysing medical tourism as an industry as a whole. The second part goes deep into analysing the implementation of various marketing strategies in medical tourism across countries and regions of different

Рекреационная география и туризм

Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

types. Finally, the third part aims to develop proposals for mobile applications as a digital marketing tool in medical tourism.

The adoption of such an approach and the combination of methods contribute to a comprehensive understanding of the dynamic field of medical tourism marketing.

Research Results and Discussion

Table 1 outlines the key relationships between marketing, tourism, and medicine, as relevant to the subject matter of this article.

Table 1

The relationships between marketing, tourism, and medicine

Marketing and tourism	Tourism and medicine	Marketing and medicine
Marketing in the tourism industry plays a key role in developing strategies, reinforcing tourist destination brands, and enhancing the work quality and efficiency.	Medical tourism is a relatively new phenomenon in medicine, tourism and recreation, integrating these types of activities as part of medical tourism clusters.	Marketing in medicine is aimed at promoting innovations that help attract customers to medical and healthcare institutions.

As can be deduced from the information presented in the table, the functions of medical tourism marketing entail persuading patients to choose a specific medical centre and healthcare services in a competitive market environment, creating value to maximise patient satisfaction, and establishing mutually beneficial long-term partnerships with all market actors. Therefore, medical tourism marketing involves a systematic and coordinated use of various methods and tools to attract patients from abroad or other regions of the country by creating and promoting unique packages of medical care as well as appealing and effective wellness and recreational services.

When developing marketing strategies, it is important to consider the specificities of each country and region, adapting them to the needs of the target audience. One possible approach to be employed is SWOT analysis, which allows identifying the strengths and weaknesses of the medical tourism industry and helps develop a medical tourism development strategy that would be aimed at both ensuring commercial efficiency and improving the quality and effectiveness of treatment (Table 2). Assessing threats and opportunities will enable authorities and companies engaged in medical tourism to increase their competitiveness and also quickly adapt to market changes.

Table 2

SWOT analysis of medical tourism in general

<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>High quality and accessibility of treatment</i> (ensured with developed medical science and infrastructure); • <i>Expanded range of services</i> (satisfies patients' needs); • <i>Tourist experience integration</i> (leads to improved work quality); • <i>Economic development</i> (stimulates economic growth, attracts investment, creates jobs, develops businesses); • <i>International knowledge exchange</i> (enhances the quality of medical services). 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Increased competition</i> (poses challenges and risks in the functioning of elements within medical tourism clusters); • <i>Impact of international norms and regulations</i> (international standards and norms restrict specialists' individual initiatives); • <i>Dependence on production components, social, and institutional infrastructure</i> (lack of investment in infrastructure reduces the quality of services provided)
<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Expansion of the medical and tourist-recreational services market</i> (the emergence of medical tourism clusters, new segments among potential patients); • <i>Implementation of technological innovations</i> (increases demand for medical and wellness services, improves the quality of treatment and customer service); • <i>Development of marketing strategies</i> (helps to attract and retain customers); • <i>International cooperation expansion</i> (enhances the importance of standards and experience exchange). 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Changes in international regulations</i> (may complicate accessibility and/or increase the cost of services); • <i>Economic and geopolitical instability</i> (alters the geography and demand for medical tourism); • <i>Customer service expectations</i> (affect the reputation of a country, region, or clinic as a medical services provider); • <i>Breach of clients' personal data security</i> (data leaks pose a threat to the institution's reputation); • <i>Crisis situations in healthcare</i> (limit access to services).

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Another classic tool for assessing the competitive environment in medical tourism is **Porter's Five Forces** analysis. Here, we consider a medical tourism destination in a broad sense, which can be a medical tourism cluster, region, or country.

Threat of New Entrants. In medical tourism, barriers to entry can be high due to the need for significant investment in medical equipment and the training or recruitment of qualified personnel. However, with the growing demand for medical services abroad, new players may enter the market, offering competitive prices or specialized services.

Threat of Substitute Products or Services. Substitution can occur in the form of alternative treatment methods available in the patient's home country or by means of telemedicine, which allows for remote consultations and treatment.

Degree of Competition Among Existing Market Players. Competition in medical tourism is often intense in nature. Clinics and medical centres compete in terms of price, service quality, availability of unique medical procedures, and reputation. Tough competition is one of the reasons for the shift in medical tourism from Europe and North America to the countries in Asia and Latin America.

Power of Suppliers. Suppliers in medical tourism include manufacturers of medical equipment, pharmaceutical companies, and qualified medical workers. Their power can be particularly significant where unique medical equipment is used or highly specialised medical services are provided, as well as where highly professional medical staff is employed.

Power of Buyers. Patients in medical tourism are usually well-informed about all aspects of medical services provision and typically choose those that meet their value-for-money expectations, their idea of the medical institution's reputation based on reviews from other patients. Thus, the power of buyers in medical services is quite high.

The current state of the existing medical tourism markets and the formation of new ones can be analysed using the *Ansoff Matrix* (Fig. 1). In the most general sense, this matrix is a field formed by two axes: the horizontal axis 'company products' (divided into existing and new ones) and the vertical axis 'company markets,' which are also divided into existing and new ones. At the intersection of these two axes, four quadrants are formed.

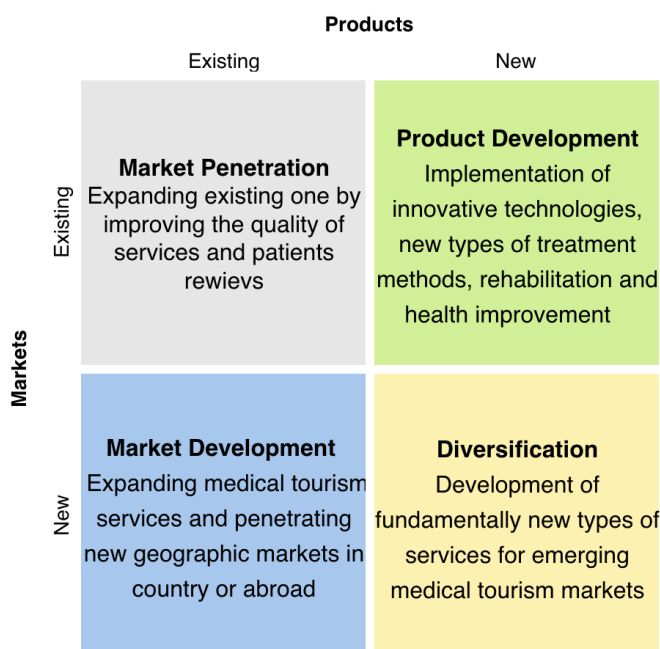


Fig. 1. An example of the use of the Ansoff matrix in medical tourism market research

Рис. 1. Пример использования матрицы Ансоффа в исследовании рынка медицинского туризма

In the study of medical tourism development, the *BCG matrix* can be used in relation to two key aspects: a matrix focused on the geography of destinations (Fig. 2) or a matrix for various fields or types of medical services (Fig. 3).

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

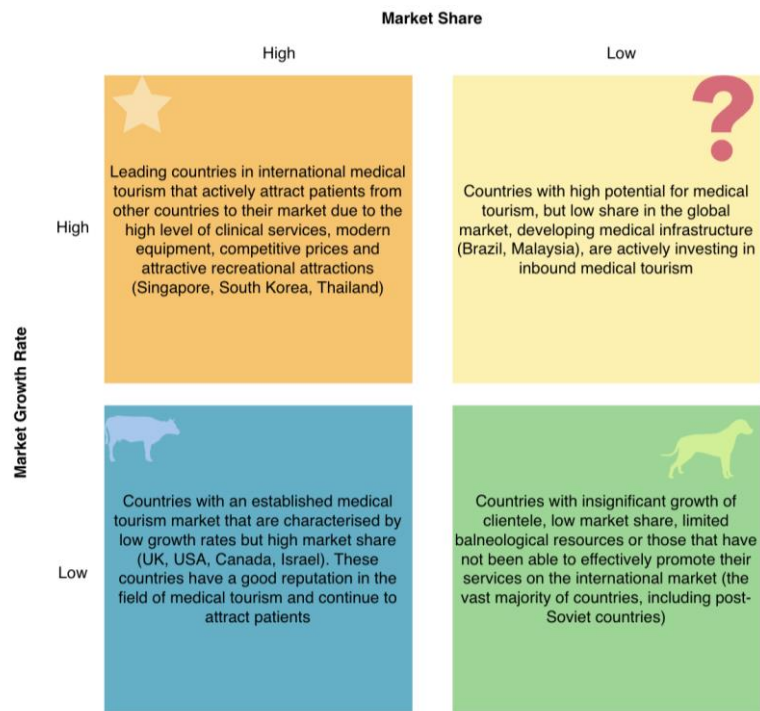


Fig. 2. BCG matrix considering geographical features of global medical tourism development

Рис. 2. Матрица BCG с учетом географических особенностей развития мирового медицинского туризма

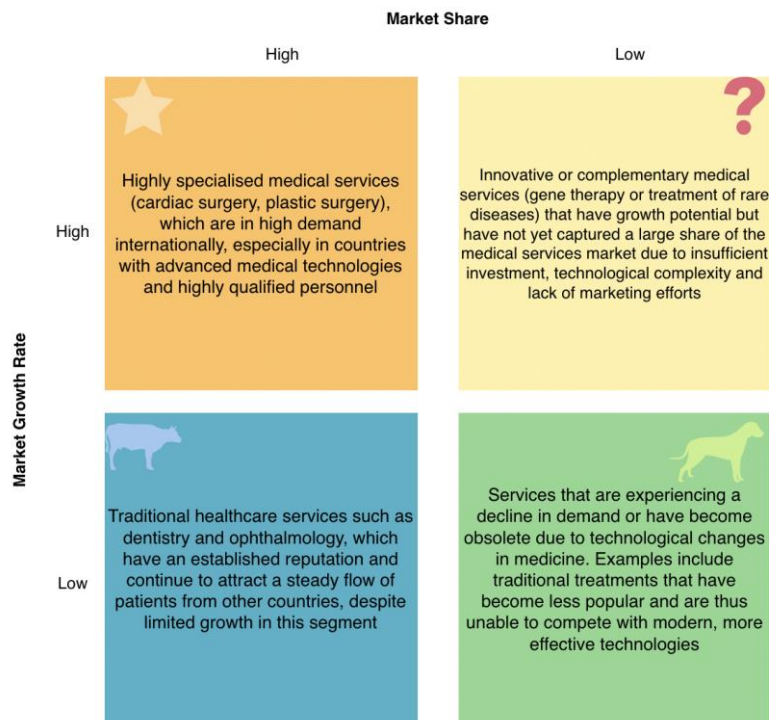


Fig. 3. BCG matrix for medical tourism by service type

Рис. 3. Матрица BCG для медицинского туризма по видам услуг

The aforementioned analytical tools, along with other strategic management methods [8, 17, 28], should form the foundation for strategic spatial planning, aiding in the establishment of medical tourism clusters at the national, regional, or municipal levels [13], as well as in the development and implementation of marketing strategies. Strategic spatial planning for the preservation of public health, which must incorporate medical tourism, is executed in a specific sequence.

Рекреационная география и туризм

Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

1. Analysing and assessing the current state and trends in the health preservation system in the country and/or region (including accessibility and quality of medical services), of the demographic and epidemiological situation, sustainability of development trends, regional disparities in the population health status.
2. Setting strategic goals and defining objectives for public health preservation, determining priorities in the field of medical care, disease prevention, and the development of medical and accompanying infrastructure.
3. Formulating the health preservation system development principles: sustainability, integration, accessibility, high quality, and innovation.
4. Justifying the main development directions for the health preservation system components.
5. Defining the specific steps to be taken at each stage of the strategy implementation – short-term, medium-term, and long-term – with clearly defined timeframes for implementing the activities.
6. Identifying potential scenarios for the health preservation system development based on the current trends; assessing possible changes in the external environment; selecting the priority scenario to achieve the goals set.
7. Developing a mechanism for implementing the marketing strategy: financing, regulatory support, organisational changes, and international cooperation.
8. Formulating a list of key indicators to monitor the health preservation system effectiveness, mapping medical and wellness facilities with the accompanying infrastructure, determining the demand for medical and other personnel, and establishing planned indicators for their training.

The sequence of actions and the interconnection of components of the marketing approach to strategic spatial planning in healthcare and public health preservation are presented in Fig. 4.

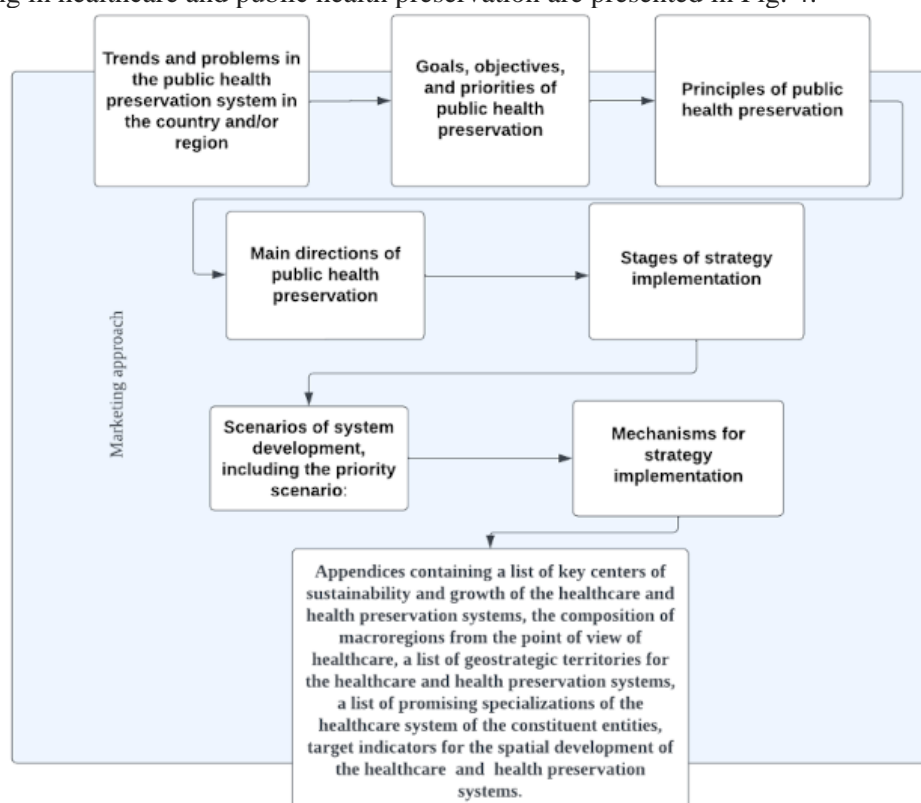


Fig. 4. Strategic planning system for the public health preservation system

Source: prepared by authors

Рис. 4. Система стратегического планирования системы сохранения здоровья населения.

Составлено авторами

The key aspects of medical tourism marketing in strategic planning include the following:

- main directions for the health preservation system development (medical tourism marketing directly impacts investment raising, medical and related infrastructure development, enhancement in the quality of medical services).
- spatial development scenarios for the country/region, including priority scenarios (medical tourism marketing can be considered a factor influencing scenario selection, investment directions, and infrastructure development).

Рекреационная география и туризм

Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

- mechanisms for strategy implementation (incorporation of marketing strategies and campaigns into implementation mechanisms, including plans to enhance the country's/region's image as a medical tourism destination, information campaigns, collaboration with travel agencies).

- applications (medical tourism marketing is important when considering the identification of prospective economic growth centres, especially in the context of developing medical clusters and specialised medical zones).

Thus, medical tourism marketing fits into the spatial planning strategy as a tool for stimulating economic growth and infrastructure development, enhancing the competitiveness of medical services, and strengthening the region's position in international healthcare.

Medical tourism marketing for medical institutions, tourism agencies, and government bodies can be based on a SWOT analysis (Table 3). Following its results, goals can be established, and a practical action plan can be created to increase the marketing attractiveness of medical tourism destinations.

Table 3

Medical tourism marketing SWOT analysis
SWOT-анализ маркетинга медицинского туризма

Strengths	Weaknesses
<ul style="list-style-type: none"> • Innovative marketing strategies. The use of advanced marketing methods, such as digital marketing, to attract a global audience. • Specialised offerings. Marketing focused on specific medical services (e.g., plastic surgery, dentistry) that attract target patient groups. • Branding and reputation. Creating strong brands for clinics and medical centres increases trust and attractiveness for potential clients. • International partnerships. The exchange of knowledge and experience between countries enriches marketing strategies with new ideas and approaches, cooperation with tourism agencies and other organisations facilitates the creation of comprehensive offerings. • Integration of tourist experience. The unique combination of medical and tourist services enhances the attractiveness of offerings for patients. • Treatment quality and accessibility. This is a strong marketing argument for attracting patients. • Wide range of services. Allows marketers to target different market segments. 	<ul style="list-style-type: none"> • High competition. The need to stand out among a multitude of medical service offerings. • Trust and quality issues. Difficulty in convincing potential clients of the reliability and quality of services at a distance. • Language and culture barriers in international marketing. The need to adapt marketing strategies to various cultural and linguistic contexts. • Reputation management. Negative reviews or news can quickly spread and damage reputation. Dependence on online reviews and ratings, which can be unpredictable. • Dependence on infrastructure. Limited promotional opportunities in regions with poor medical infrastructure. • High costs. Conducting effective marketing campaigns requires considerable expenditures and even capital investment.
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> • Digital marketing. Use of social media, SEO, and online advertising to attract a global audience. • Technological innovations. Application of the latest technologies to improve customer experience, create targeted and personalised marketing campaigns, increase the efficiency of marketing campaigns. • New markets and segments. Expanding the target audience, including new geographical markets and demographic groups. • Partnerships. Collaboration with tourism agencies and local enterprises is conducive to creating comprehensive medical service packages. • Educational and informational marketing. Providing potential clients with useful information increases trust and transparency. 	<ul style="list-style-type: none"> • Changes in international regulatory systems. Legislative initiatives can affect the accessibility and attractiveness of medical tourism, marketing strategies and opportunities. • Global crises in the economy and healthcare preservation. Pandemics and economic downturns can greatly affect the demand and availability of medical tourism. • Global geopolitical and military conflicts. These are the most common reasons for decline in tourist flow. • Reputational risks. Negative events associated with medical services can have a long-term impact on the perception of entire regions or clinics. • Competition with new players. The emergence of competitors with innovations can weaken the positions of established market players. • Technological changes. Marketing technologies require updating strategies and tools.

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Thus, medical tourism marketing helps companies to acquire clients and helps patients to find best treatment at affordable prices while enjoying a unique tourist experience. With the growing interest in medical tourism, the importance of marketing in this field will increase.

Marketing strategy tools.

Client encouragement. In the marketing strategies of medical tourism, it is important to create a comfortable and safe environment and pay attention to each patient, including through applying loyalty programs and providing discounts for regular patients, stimulating the acquired clients to come again (if applicable) and attracting new patients by means of referrals. Analysis of indicators such as customers' age, gender, medical needs, and geographical location makes it possible to offer personalised medical tourism packages.

Market segmentation. This tool allows differentiating the broad target audience into smaller subgroups, taking into account their specific needs, behaviour, and preferences. The criteria can include geographical, demographic, psychographic, and behavioural characteristics. For example, separate segments can be identified for patients seeking high-quality medical services abroad or for those looking for affordable treatment alternatives. This approach enables the development of more targeted marketing strategies, the improvement of service offerings, and the enhancement of customer satisfaction.

Branding and reputation management. Effective branding involves creating a strong and recognisable image that reflects the core values and advantages of the medical service or organisation. This is achieved through the development of an attractive visual identity, including a logo and a consistent brand style, as well as by shaping a unique brand style across all communication channels. Reputation management focuses on maintaining and improving the perception of the brand among patients, including monitoring reviews and feedback, managing crisis situations, and actively engaging on social media and professional platforms, as well as through partnerships with renowned and trusted medical institutions and specialists in the region. Particular attention is paid to creating positive customer interactions and effectively resolving their issues, which fosters trust and loyalty. It is crucial to ensure prompt responsiveness to requests via phone, email, and online chat/messengers, which helps convince patients of the right choice of destination. Timely communication is especially important given the potential language and cultural barriers for medical tourists, as well as the critical importance of human life and health. Successful branding and reputation management help establish a strong market position, increase brand awareness and service attractiveness.

Developing a reliable and verifiable rating system. Patients should have a possibility to leave reviews about their medical tourism experience on the company's website or popular online platforms. Real reviews and recommendations from patients help build trust and attract new clients. It is important to ensure that ratings meet officially established requirements for medical tourism services ISO Standards [18] as well as existing certification systems [25]. These documents can be used to boost the image of a medical destination, but they do not always meet the marketing needs. It is important to emphasise that medical tourism marketing represents a unique interdisciplinary field and it should be applied with due regard for the specific conditions of medical tourism destinations and their functioning.

Utilising various communication channels. Effective use of diverse communication channels plays a key role in medical tourism marketing. These include both traditional media, such as television and print publications, as well as digital platforms, including social media, blogs, and forums. Particular emphasis should be placed on digital marketing, which provides broad audience reach, targeted messaging, and the ability to obtain instant feedback. The integration of a multichannel communication strategy allows reaching potential customers on different platforms, creating deeper engagement and brand recognition.

Developing a unique selling proposition (USP). The purpose of this tool is to identify or create the unique medical service or product that set it apart from competitors. The USP should clearly convey the value proposition for potential clients, highlighting what makes the offering special and why customers should choose this particular service or clinic. In medical tourism, the USP may include unique medical technologies, high-quality service, competitive pricing, and/or exclusive package offerings that combine both medical and non-medical services.

Utilisation of the Internet. In the era of widespread digitalisation, with most Internet users spending several hours a day on the computer, the use of digital marketing tools is highly essential. Given that, below we will provide a more detailed analysis of this aspect. As of October 2023, the global internet user base reached 5.3 billion, representing 65.7% of the world population. However, the spread of internet access still significantly varies across different countries and regions. Among these users, 4.95 billion people, or 61.4% of the global population, were active on social media. On average, people worldwide spend 6 hours and 58 minutes per day in front of a computer screen, which has increased by nearly 50 minutes per day since 2013 [10], and the average daily time spent on social media

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

by internet users globally increased to 151 minutes in 2022, up from 147 minutes the previous year. The Philippines leads in daily social media usage, with users averaging three hours and fifty-three minutes each day, while in the USA, the average daily social media usage was two hours and three minutes [35].

The global population can be segmented into 8 clusters based on the number of people with internet access, as demonstrated in Fig. 5. The between-group sum of squares is significantly greater than the within-group sum of squares, indicating good separability of clusters and high quality of clustering (the between-group sum of squares is equal to 12.165, and the within-group sum of squares – to 0.215). Such clustering might be crucial for optimising targeted online advertising strategies, including contextual ads and social media advertising, enabling effective communication with each specific target audience. This segmentation facilitates the precise identification of population groups in various countries with a high level of digital engagement, which is especially vital for companies aiming to leverage internet marketing to attract clients in medical tourism.

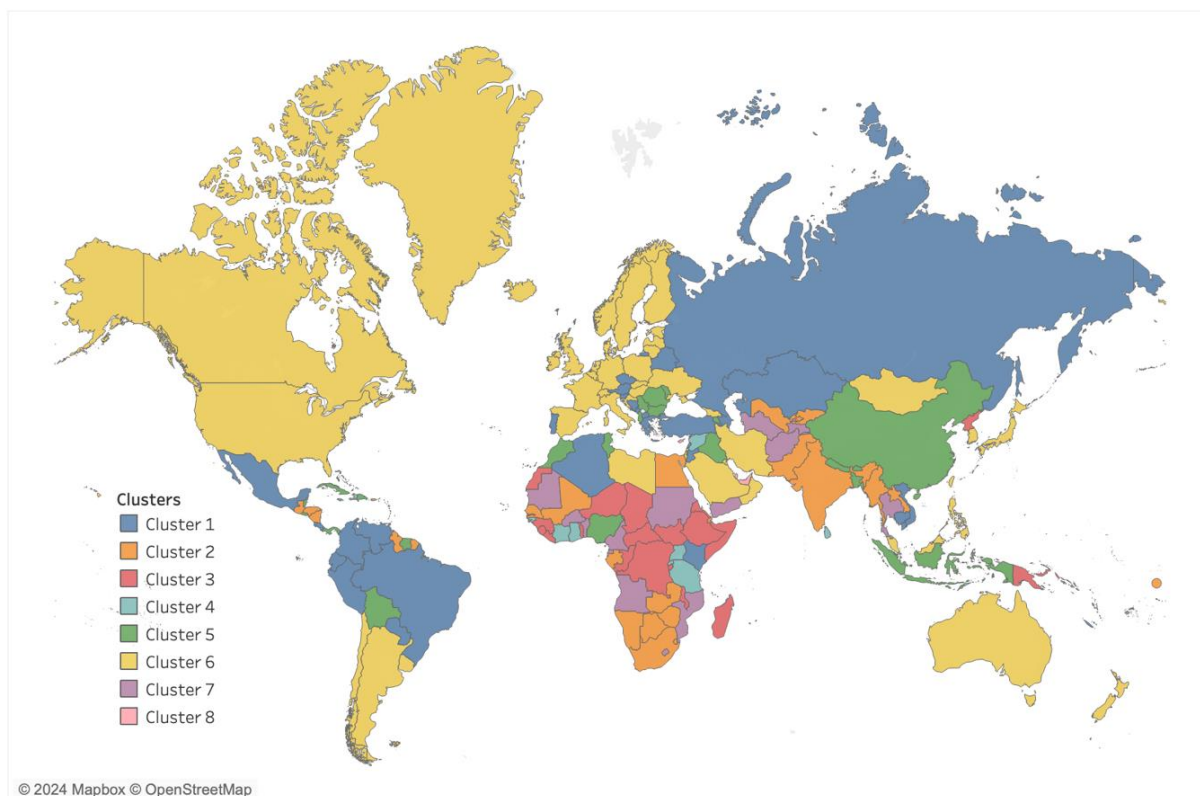


Fig. 5. Countries clustered by Internet use

Рис. 5. Кластеризация стран по уровню использования Интернета

The proportion of population interacting with government and local authorities online also indicates the appropriateness of using digital marketing tools. As of 2022 in Russia, 69.5% of men and 72.3% of women aged 15 to 72 used the Internet to access government and municipal services; compared to 2021, the growth was 3.3% for men and 2.3% for women [32].

The different ways of obtaining government and municipal services across the regions of Russia are shown in Fig. 6 and Fig. 7, while the cluster-based distinctions are demonstrated in Fig. 8. The information presented on the maps allows us to form an idea of how regions can be grouped for organising the promotion of the proposed applications and comprehensive service for medical tourists through different means.

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.



Fig. 6. Obtaining government and municipal services through Internet in Russian regions
Рис. 6. Получение государственных и муниципальных услуг через Интернет в регионах России



Fig. 7. Obtaining government and municipal services through alternative means across Russian regions, share of population
Рис. 7. Получение государственных и муниципальных услуг альтернативными способами по регионам России

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.



Fig. 8. Clustering of Russian regions based on different ways of obtaining government and municipal services
Рис. 8. Кластеризация регионов России по различным способам получения государственных и муниципальных услуг

Mobile applications as a digital marketing tool. The potential of using marketing tools to justify the development paths and spatial organisation of medical tourism can be illustrated by the use of mobile applications. It appears to be a particularly relevant example as in many developing countries internet access is primarily provided through mobile devices. In these regions, the widespread use of smartphones and tablets makes mobile applications a highly effective means for reaching potential medical tourists. By leveraging mobile apps, medical tourism providers can directly engage with a large audience that relies on mobile technology for information, communication, and services. This approach allows for the delivery of personalised content and services, serving the specific needs and preferences of users in these areas. Additionally, mobile applications can offer features such as location-based services, real-time communication, and easy access to vital information, making them a versatile tool for marketing medical tourism services in a way that aligns with the technological habits and preferences of the target population.

Note that compared to traditional websites and portals, this tool is less popular as it requires additional efforts for downloading and installation, while websites are directly accessible via a browser [6, 36]. Applications occupy memory space in a device, which can be a problem for users with limited storage space available. In addition, they require regular updates to ensure security, fix bugs, and add new features, which can be tied to specific types of devices and mobile operating systems. Nonetheless, this type of marketing tool has some clear advantages when used in the field of medical tourism, as compared to mobile versions of websites – it offers a more convenient and intuitive interface, a higher level of personalisation, and works faster when loading heavy content. When a medical tourist is in another country, it becomes important that some mobile applications can provide part of the functions even without internet access. In preparation for surgery and postoperative care, it is possible to use the integration of applications with individual device functions, such as Camera, GPS, Notifications, and Sensors. The collected information can be directed to a data processing centre, where the treating physician can monitor it in real time and react promptly to negative dynamics in the patient's condition.

With regard to health and wellness tourism, mobile applications can be divided into three major groups: the first group is associated with medical tourism in a specific country; the second group includes international concierge companies that act as intermediaries between patients and organisations providing various services to the former; the third group comprises applications that only aggregate information but do not provide services. Examples of such applications are shown in Table 4. As we can see, the first group tends to cease being updated and lose support, unlike the second, which is due to differences in the business model of applications. An exception is Medical Tourism Indonesia, which, in contrast to others, enjoys government support.

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Table 4

Mobile applications for medical tourists in Google App and App Store
Мобильные приложения для медицинских туристов в Google App и App Store

Country/ region	Application	Description	Actor	Year/ status
Indonesia	Medical Tourism Indonesia	The platform connects tourism and healthcare based on the Integrated Services concept: medical tourists are met at the airport, served in the clinic, and taken to their place of permanent residence	PT. CIPTA WISATA MEDIKA (basis - Decree of the Ministry of Health No. 76 of 2015 on medical tourism services to increase income).	2023
India, Bangladesh	Medical Tourism	The best hospitals offer assistance in organising services for medical tourists	Technicise Software & Technologies Pvt Ltd	2019/ no current updates
Latin America	Health Tourism	Services are provided to find doctors and medical centres located in different countries of the region, including by means of geolocation tools	CREATIVA CONSULTORES, S.A. DE C.V.	2019/ no current updates
Türkiye	Heal In Türkiye	Platform with a set of medical tourism facilities and intermediary services, including consulting	Hizmet İhracatçıları Birliği Genel Sekreterliği	2022
Korea	KOREA MEDIS-Korea Medical Tour	Search and booking at medical institutions, with any medical area available; information about treatment plans and costs	BTMEDI Co. Ltd.	2022
Jordan	MedX Jordan	A single point of contact for foreign clients. Information about the country leaders in the medical, healthcare, and wellness sectors.	MedXJordan — consortium of companies in medical tourism	2021/ no current updates
International	Global Patient System	Applications of GPS Patient, CRM systems. Connect clinics around the world. Provide the possibility to access your medical records, forms, travel and other documents, to view updates on a patient's case, to request for additional services, etc.	Health Flights Solutions Inc.	2022
International	MeddiTour	Direct communication between international patients, treatment centres, doctors. 24/7 patient support. Partners around the world evaluate clients' cases, doctor and hospital selection. Visa registration, invitation to the hospital, local transport, return to the country of residence.	Medditour Technologies Private Limited	2022

A comprehensive approach to creating such mobile applications should rely on the use of public-private partnerships or other similar mechanisms. Table 5 illustrates an approach to creating such an application. Segmenting users into at least two groups is one of the important aspects from the perspective of marketing approach characteristics. State participation is crucial for ensuring the integration of such a system with state services and funds.

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Table 5

Approximate description of national applications
Примерное описание национальных приложений

Objective functions	Approximate description of mobile application functions for citizens	Approximate description of mobile application functions for foreigners
Goal	Access to information and organization of medical services in different regions of a country	Access to medical services for foreigners, including navigation, logistics and language support.
Tasks	Booking hospitals, selecting specialists and services. Information about transport, accommodation, and additional services	Information about leading medical centers and specialists. Visa processing and travel arrangements. Assistance in insurance and financial transactions.
Common Features	Interactive map of clinics. Health facility profiles and online appointments. Selection of an individual plan, treatment, and rehabilitation. Preliminary online consultations with doctors for assessment and treatment planning. Hotel and transport bookings. Reviews and ratings. Postoperative care at the place of treatment or permanent residence. Information about cultural events and entertainment at the place of treatment. Virtual assistant.	
Distinctive Features	Connection to electronic records and health systems. Access to information about treatment, provision of services under a compulsory health insurance policy. Assistance in obtaining health insurance, reimbursement of expenses through compulsory medical insurance or voluntary medical insurance.	Multilingual interface. Translation of documentation. Information on visa requirements. Integration with international payment services. Advice on cultural and linguistic aspects.

In this case, a mobile application merely digitally embodies comprehensive service that is to be provided at the national level as one of the health preservation policy tools; it may be implemented based on well-established state services. An additional function that can be realised through a mobile application is related to state marketing programs aimed at partial recovery of treatment costs and improvement of the population's health, similar to the Tourist Cashback campaign, whose purpose is to stimulate travel across Russia and support the tourism industry, drastically challenged by the COVID-19 pandemic.

While this study primarily focuses on the methodological foundations of medical tourism and marketing tools, it acknowledges the fact that the geographical and social context is highly crucial. The difficulty of applying standardised marketing approaches across different countries and regions is a significant limitation. The study recognises the importance of considering the unique cultural, social, and economic factors that influence the effectiveness of marketing strategies in diverse health preservation environments. This limitation underscores the need for a nuanced understanding of the contextual intricacies that shape medical tourism dynamics in different countries and regions.

Another limitation is the theoretical and framework nature of the present article. While quantitative analysis is integral to similar studies, the current research only applies it when assessing the digitalisation of government and municipal services. While providing valuable insights, the theoretical emphasis restricts the depth of quantitative assessments, especially in evaluating the impact of digitalisation on health preservation and healthcare services. This limitation highlights the need for further research to incorporate more extensive quantitative methodologies for a comprehensive evaluation of digitalisation in healthcare services.

These limitations underscore the importance of considering the ever-changing landscape of medical tourism, the significance of contextual factors, and the potential constraints of a theoretical approach, encouraging researchers to explore further and refine the understanding of this complex interdisciplinary field.

Рекреационная география и туризм
Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

Conclusions

Medical tourism marketing performs an important function in the decision-making system related to the interconnected and interdependent development of medical, tourism, and recreation institutions. Medical clinics, sanatoriums, resorts, and unique natural, historical, and cultural sites with recreational value within medical tourist clusters gain benefits from their operation due to the synergistic effect.

Scientific approaches to studying medical tourism marketing are aimed at implementing managerial decision-making methods and tools, enabling elements of medical tourism clusters to adapt to the changing conditions of the medical and wellness services market.

The application of marketing strategies in medical tourism should play a significant role not only in promoting medical and recreational services but also in the popularisation of a healthy lifestyle. Effective marketing in this field helps disseminate information about the importance of disease prevention, proper nutrition, regular physical activity, and other aspects affecting health preservation and enhancement. Medical tourism clusters can actively participate in educational activities aimed at fostering a healthy lifestyle among the population.

On the one hand, marketing aids governmental institutions in implementing health care and population wellness policies, while on the other hand, it provides companies and clinics with opportunities to expand their market and attract clients by offering innovative and high-quality services. For medical tourists, this approach ensures access to information about best medical services and facilitates informed decisions when choosing a country, region, and clinic for treatment or wellness purposes. Thus, medical tourism marketing acts as an effective tool uniting the interests of the state, businesses, and consumers, contributing to the improvement of public health and well-being.

Further research in the field of medical tourism marketing may focus on analysing the medical tourists' needs and preferences, allowing for more precise tailoring of marketing strategies and service offerings. Also important is the study of the impact that digital technologies have on medical tourism, particularly how innovations in artificial intelligence, big data, etc. can improve service quality and accessibility and can impact the need for patient travel, thereby serving the function of medical tourism. Furthermore, studying the interaction of medical tourism with local economies and ecosystems appears to be a promising direction, advancing the understanding of its socio-economic effects and impact on the sustainable development of regions. Such research will not only enhance the effectiveness of marketing strategies in medical tourism but also provide valuable data for developing health care and tourism policies at local, regional, national, and international levels.

References

1. Almakuchukov, K.M. 2005. Integrated Marketing Communications as a Tool for Promoting Regional Tourist Product (Case of Issyk-Kul Resort). Dissertation Abstract for the Degree of Candidate of Economic Sciences. G.V. Plekhanov Russian Economic Academy. Moscow.
2. Avadzi, V. & Panda, D. 2006. Medical Tourism: Globalization and Marketing of Medical Services. *Journal Consortium*, 11(1), 75-81.
3. Bondarenko, V.A., & Efremenko, I.N. 2020. The Role and Importance of State Marketing in the Development of Inbound Medical Tourism in Russia. In *Marketing in the Digital Economy: Theory and Practice*, edited by V.A. Bondarenko, 73-89. Moscow.
4. Borg, E. A., & Ljungbo, K. 2018. International Market-Oriented Strategies for Medical Tourism Destinations. *International Journal of Market Research*, 60(6), 621-634. <https://doi.org/10.1177/1470785318770134>
5. Bowen, H. P., & Wiersema, M. F. 2004. Modeling limited dependent variables: Methods and guidelines for researchers in strategic management. In *Research methodology in strategy and management* (Vol. 1, pp. 87-134). Emerald Group Publishing Limited.
6. Chang, C. C. 2022. The Role of Individual Factors in Users' Intentions to Use Medical Tourism Mobile Apps. *Tourism and Hospitality*, 3(4), 896-907. DOI:10.3390/tourhosp3040057
7. Chaulagain, S., Pizam, A., & Wang, Y. (2021). An Integrated Behavioral Model for Medical Tourism: An American Perspective. *Journal of Travel Research*, 60(4), 761-778. <https://doi.org/10.1177/0047287520907681>
8. Chistobaev, A.I., & Fedulova, S.I. 2018. Spatial Planning in the European Union: Practices to Draw on in Russia. *Baltic Region*, 10(2), 86-99. doi: 10.5922/2079-8555-2018-2-6.
9. Chistobaev, A.I., & Semenova, Z.A. 2018. Spatio-Temporal Dynamics of the Global Medical Tourism. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 9(2), 267-275. DOI: 10.14505/jemt.v9.2(26).06
10. Exploding Topics. (n.d.). Screen Time Statistics. Retrieved December 18, 2023, from <https://explodingtopics.com/blog/screen-time-stats>
11. Gerasimov, P.A. 2013. Features of Supply and Consumption of Medical Services in Modern International Economic Relations. *Russian Entrepreneurship*, 22(244), 215-224.

Рекреационная география и туризм

Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.

12. Goroshko, N.V., & Emelyanova, E.K. 2019. "Second Medical Opinion" Service in the Regional Medical Tourism Market. *Electronic Scientific and Methodological Journal of Omsk GAU*, 4(19), 7.
13. Grudtsyn N. A., & Chistobaev A. I. (2023). Formation of medical tourism clusters in the territorial structure of the healthcare sector: issues of methodology and techniques. *Geographical Bulletin*, 4(67), 172–182. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2023-4-172-182>
14. Habibi A., Mousavi M., Mahboobeh S., Jamali & Nader Ale Ebrahim (2022) A bibliometric study of medical tourism, *Anatolia*, 33:3, 415-425, DOI: 10.1080/13032917.2021.1954042
15. Hall, C.M. (Ed.). 2013. *Medical Tourism: The Ethics, Regulation, and Marketing of Health Mobility*. Routledge.
16. *Healthcare Service Marketing in Medical Tourism: An Emerging Market Study* / Michelle. R. (2021). Huddinge: Södertörns högskola, 2021 p. 230
17. Hitt, M. A., Gimeno, J., & Hoskisson, R. E. 1998. Current and future research methods in strategic management. *Organizational Research Methods*, 1(1), 6-44.
18. International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 22525: Medical tourism — Services. Retrieved February 1, 2024, from <https://www.iso.org/obp/ui/ru/#iso:std:iso:22525:ed-1:v1:en>
19. Izgarev, M.O., & Izgareva, D.O. 2019. Marketing in Medical Tourism. *Synergy of Sciences*, 34, 269-276.
20. John, S., Larke, R., & Kilgour, M. 2018. Applications of Social Media for Medical Tourism Marketing: An Empirical Analysis. *Anatolia*, 29(4), 553-565. <https://doi.org/10.1080/13032917.2018.1473261>
21. Klimin, V.G., Maltseva, Y.A., Daikhes, A.N., Vdovin, K.E., & Knyazeva, E.G. (2020). Marketing in Medical Tourism. Moscow: Commentary. 158 p.
22. Kotler, P., Fitzroy, P.T., & Shaw, R.N. (1980). *Australian marketing management*. Sydney: Prentice-Hall of Australia, 1980. 619 p
23. Lebedeva, L.S. 2008. Formation of Relationship Marketing with Consumers of Sanatorium and Resort Services. Dissertation Abstract for the Degree of Candidate of Economic Sciences. Southern Federal University. Rostov-on-Don.
24. Manhas, P. S. 2015. Marketing Analysis of Medical Tourism in India. *Enlightening Tourism. A Pathmaking Journal*, 5(1), 1-39.
25. Medical Tourism Quality. (n.d.). Medical Tourism Certification. Retrieved January 14, 2024, from <https://mtqua.org/medical-tourism-certification/>
26. Moghadam, F.N., Masoudi Asl, I., Hessam, S., & Farahani, M.M. 2021. In Search of a Medical Tourism Marketing Pattern in Iran: The Case of Cultural Sensitivities. *International Journal of Healthcare Management*, 14(4), 1081-1086.
27. Moisenko, I.V., & Usova, M.V. 2019. Features of Developing a Marketing Program for a Medical Tourism Agency. *Azimuth of Scientific Research: Economics and Management*, 8(3), 261-265.
28. Molina-Azorin, J. F. 2012. Mixed methods research in strategic management: Impact and applications. *Organizational research methods*, 15(1), 33-56.
29. Oborin, M.S. (2019). Application of Marketing Management Concept in Developing Health and Wellness Products and Services. *State Management. Electronic Bulletin*, 73, 112-137.
30. Pisareva, E.V., & Ivanchenko, O.V. 2021. Development of Marketing Activity in the Field of Medical Services. In *Ecosystem Approach in Logistics: Retrospect, State, Expectations*, XVII Southern Russian Logistics Forum, 333-337.
31. Rerkrujipimol, J., & Assenov, I. 2011. Marketing Strategies for Promoting Medical Tourism in Thailand. *Journal of Tourism, Hospitality & Culinary Arts*, 3(2), 95-105.
32. Rosstat. Use of Information Technologies. (n.d.) Retrieved January 25, 2023, from https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/business/it/ikt22/index.html
33. Semenova, Z.A., & Chistobaev, A.I. 2018. Evolution of the Paradigm, Function, and Structure of Contemporary Medical Geography. In *Modern Trends in Spatial Development and Priorities of Public Geography*. Edited by N.I. Bykov, 99-105.
34. Soboleva, S.Y., & Sobolev, A.V. 2019. Features of Marketing Mix Application in the Development of Medical Tourism. In *Management in Healthcare: Challenges and Risks of the 21st Century*, III (I National) All-Russian Scientific-Practical Conference, 200-201.
35. Statista. (2023). Worldwide Digital Population as of October 2023. Retrieved from <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/#:~:text=Worldwide%20digital%20population%202023&text=As%20of%20October%202023%2C%20there,population%2C%20were%20social%20media%20users>.
36. Timan, H., Kama, N., Yusoff, R. C. M., & Ali, M. 2021. The Application of Medical and Health Informatics Among the Malaysian Medical Tourism Hospital: A Preliminary Study. In *Advances in Computer, Communication and Computational Sciences: Proceedings of IC4S 2019*, 743-754. Springer Singapore.
37. Yang, Y.S. 2013. Key Success Factors in Medical Tourism Marketing. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 3(3), 152.
38. Yu, J., Seo, J., & Hyun, S.S. 2021. Attributes of Medical Tourism Destination Brands: Case Study of the Korean Medical Tourism Market. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 38(1), 107-121.
39. Zarei, A., & Maleki, F. 2019. Asian Medical Marketing, a Review of Factors Affecting Asian Medical Tourism Development. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 20(1), 1-15.: <https://doi.org/10.1080/1528008X.2018.1438959>
40. Zapesotsky, A.S. 2003. *Strategic Marketing in Tourism: Theory and Practice*. Saint Petersburg. 351 p.

Статья поступила в редакцию: 02.04.2024, одобрена после рецензирования: 13.08.2024, принята к опубликованию: 12.09.2024.

The article was submitted: 2 April 2024; approved after review: 13 August 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

*Рекреационная география и туризм**Грудцын Н.А., Чистобаев А.И.*

Информация об авторах

Николай Алексеевич Грудцын

кандидат географических наук,
ст. научный сотрудник НИЧ
Института наук о Земле,
Санкт-Петербургский государственный
университет;
197761, Россия, г. Санкт-Петербург,
10-я линия В.О., 33–35

Information about the authors

Nikolai A. Grudtsyn

Candidate of Geographical Sciences, Senior
Researcher, Institute of Earth Sciences,
St. Petersburg State University;

33–35, 10th line, Vasilyevsky Ostrov,
St. Petersburg, 197761, Russia

e-mail: poxes@yandex.ru

Анатолий Иванович Чистобаев

доктор географических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ,
профессор кафедры региональной политики
и политической географии,
Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский
государственный университет;
197761, Россия, Санкт-Петербург,
10-я линия В.О., 33–35

Anatoly I. Chistobaev

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Honored Scientist of the Russian Federation,
Professor at the Department of Regional Politics
and Political Geography, Institute of Earth
Sciences, St. Petersburg State University;

33–35, 10th line, Vasilyevsky Ostrov,
St. Petersburg, 197761, Russia

e-mail: chistobaev40@mail.ru

Вклад авторов

Грудцын Н.А. – идея, разработка методологии, сбор и обработка материала, написание статьи
Чистобаев А.И. – научная проверка работы, написание статьи и редактирование текста.

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

Contribution of the authors

Nikolai A. Grudtsyn – conceptualisation; methodology; data collection and processing; writing of the original draft.

Anatoly I. Chistobaev – validation; writing and editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Научная статья

УДК 556.044, 528.91

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-178-189

**РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ
ОБ ОПАСНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА Р. КАМЫ)**Татьяна Владимировна Судницына¹, Андрей Николаевич Шихов²^{1, 2} Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия² Институт наук о Земле СПбГУ, г. Санкт-Петербург, Россия¹ tanek51@mail.ru² shikhovan@gmail.com

Аннотация. Базы данных об опасных гидрологических явлениях (ОГЯ) представляют собой информационную основу для их картографирования и оценки рисков, а также важны при оценке достоверности моделирования и прогнозов. Для территории России имеющаяся в открытом доступе информация о случаях ОГЯ является неполной и неструктурированной должным образом, а также не всегда имеет пространственную привязку, что затрудняет ее использование. В настоящей работе рассматривается создание базы данных ОГЯ в бассейне р. Камы за период с 1990 г. по н.в. Информационной основой для ее создания послужили многолетние наблюдения сети гидропостов Росгидромета, ранее опубликованные базы данных о случаях ОГЯ, публикации в средствах массовой информации, в социальных сетях и в специализированных информационных ресурсах. Структура базы данных включает три иерархических уровня: сообщения о явлении и/или нанесенном ущербе, имеющие привязку к населенному пункту или гидропосту, информацию о явлении в целом по речному бассейну, а также характеристики экстремальных осадков (для случаев дождевых паводков). Всего база данных включает 282 случая ОГЯ, из которых в 223 случаях был зафиксирован материальный ущерб. Большинство случаев ОГЯ (79 %) связаны с весенним половодьем, на дождевые, снегодождевые и ливневые паводки приходится 17 %, а остальные 4 % – ледовые заторы и наледи. Разработанная база данных послужит основой для создания серии карт опасности и риска наводнений в бассейне р. Камы.

Ключевые слова: картографическая база данных, опасное гидрологическое явление, весеннее половодье, дождевой паводок, материальный ущерб, бассейн р. Камы

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета в рамках проекта «Разработка методики оперативного прогноза опасных гидрометеорологических явлений в условиях Дальневосточного федерального округа (на примере Магаданской области)» (ID PURE 116160863)

Для цитирования: Судницына Т.В., Шихов А.Н. Разработка картографической базы данных об опасных гидрологических явлениях (на примере бассейна р. Камы) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 178–189. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-178-189

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-178-189

**DEVELOPING A GIS DATABASE OF HAZARDOUS HYDROLOGICAL EVENTS
(WITH THE KAMA RIVER BASIN AS AN EXAMPLE)**Tatiana V. Sudnitsyna¹, Andrey N. Shikhov²^{1, 2} Perm State University, Perm, Russia² Earth Sciences Institute, St. Petersburg State University¹ tanek51@mail.ru² shikhovan@gmail.com

Abstract. Databases of hazardous hydrological events (HHE) provide an information basis for their mapping and risk assessment, and are also important for assessing the reliability of modeling and forecasts. For the territory of Russia, the publicly available information on HHE is incomplete and unstructured. This paper deals with the creation of a database of HHE in the Kama River basin for the period from 1990 to the present. The compiled dataset is based on long-term observations at a network of gauging stations, on previously published databases of flood events, publications in the media, social networks, and specialized information resources. The structure of the database includes three hierarchical levels: reports on a flood event and/or related damage with geolocation at settlements or gauging stations, information on a flood event for the entire river basin, and characteristics of extreme precipitation (only for rain-induced floods). In total, the database includes 282 reports, of which 223 cases induced economic losses. The majority of cases



*Картография и геоинформатика**Судницына Т.В., Шихов А.Н.*

(79%) are associated with spring floods; rain, rain-on-snow, and flash floods accounted for 17% of cases; the other 4% are related to ice jams and icings. The developed database will serve as a basis for risk mapping in the Kama River basin.

Keywords: GIS database, hazardous hydrological event, spring flood, rain flood, Kama River basin

Funding. This work was supported by St. Petersburg State University within the project 'Development of methodology for operational forecasting of hazardous hydrological events in the Far Eastern Federal District (using the Magadan Region as an example)'.

For citation: Sudnitsyna, T.V., Shikhov, A.N. (2024). Developing a GIS database of hazardous hydrological events (with the Kama River basin as an example). *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 178–189. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-178-189

Введение

Опасные гидрологические явления (ОГЯ) представляют собой одну из основных причин возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера в России. В настоящее время под ОГЯ понимается событие гидрологического происхождения или результат гидрологических процессов, возникающие под действием различных природных, гидродинамических факторов или их сочетаний, оказывающих поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую природную среду [7]. На территории России возможны такие виды ОГЯ, как высокое половодье, особые ледовые явления, наледные явления, высокий паводок, очень большие и малые расходы воды, низкая межень, раннее ледообразование, сели и лавины [11]. Для каждого отдельного гидропоста УГМС (ЦГМС) устанавливаются критерии НГЯ и ОГЯ. Основными критериями являются повторяемость не чаще 1 раза в 10 лет для ледовых явлений, для большого расхода воды – обеспеченность не более 10 %, для малого расхода воды – обеспеченность не более 90 % [11].

За последние десятилетия в разных странах мира созданы и опубликованы многочисленные базы данных (БД) в табличной и картографической форме, предназначенные для сбора, хранения и анализа информации о наводнениях и других ОГЯ, их картографирования, оценки рисков и ущербов. Выделяются БД глобального, национального, или межгосударственного, и регионального уровней. Наиболее известной глобальной БД об ущербе от стихийных бедствий, включая случаи наводнений, является EM-DAT [20]. Также к глобальным базам данных о наводнениях относятся NatCatSERVICE [19], включающая более 10 тыс. событий, информация о которых собрана из социальных сетей, база данных Global Flood Database [27], собранная на основе спутниковых снимков за 2000–2018 гг., и база данных крупных наводнений Dartmouth Flood Observatory [15], которая включает сведения о более чем 5 тыс. случаев наводнений за период с 1985 г. по н.в. Из проектов национального и межгосударственного уровня можно выделить базу данных о наводнениях в США [23], включающую свыше 698 тыс. записей за период с 1900 по 2020 г., и базу данных HANZE [25], в которой представлена информация об ущербе от наводнений в Европе за период с 1870 по 2020 г.

Для территории России в целом и ее отдельных регионов в настоящее время не существует общедоступных и оперативно обновляемых баз данных о случаях ОГЯ и условиях их возникновения, которые могли бы использоваться как информационная основа для картографирования и оценки рисков. Основу системы наблюдений за уровнями и расходами воды составляют гидрологические посты Росгидромета. Однако далеко не все водотоки, включая те, на которых отмечаются серьезные наводнения, обеспечены такими наблюдениями. Сами данные наблюдений на постах в цифровом виде доступны лишь за период с 2001 г., что недостаточно для получения репрезентативной во времени оценки характеристик ОГЯ [5]. В открытом доступе отсутствует систематизированная информация об ущербе, связанном с ОГЯ по территории России (в том числе о случаях ОГЯ, не зафиксированных гидропостами), а также об условиях возникновения ОГЯ. В частности, это относится к случаям интенсивных паводкоформирующих осадков, информация о которых доступна лишь для отдельных случаев, нанесших наибольший ущерб.

Все перечисленные проблемы в той или иной степени характерны для большинства бассейнов крупных рек России, кроме бассейнов Амура и Кубани, для которых ранее были созданы системы прогнозирования наводнений, включающие в том числе и архивную информацию [2; 13]. В данной работе рассматривается создание базы данных об ОГЯ для бассейна р. Камы. Площадь бассейна составляет около 507 тыс. км². Большая часть его расположена в пределах Восточно-Европейской равнины, а восточная часть – в пределах Уральских гор. Наблюдения за уровнями воды и стоком ведут 124 гидропоста Росгидромета. Целью работы является создание базы данных об ОГЯ на основе структуры, предложенной в работе [24], которая позволяет включить в базу данных сведения о самих явлениях, о вызванном ими ущербе (с геопривязкой к каждому населенному пункту) и о метеорологических условиях их возникновения.

*Картография и геоинформатика**Судницына Т.В., Шихов А.Н.***Материалы и методы***Структура базы данных*

Целью создания БД ОГЯ для бассейна р. Камы была систематизация данных о самих явлениях, причинах их возникновения, нанесенном ущербе, а также создание информационной основы для картографирования и оценки рисков. Исходя из целей исследования, в качестве образца для создания БД была взята национальная база данных оползней и наводнений в Италии [24]. По аналогии с этой работой выделены три иерархических уровня данных о случаях ОГЯ (рис. 1). Первый уровень (Reports) представляет собой отчеты о случаях ОГЯ или нанесенном ущербе, которые могут быть привязаны к населенному пункту или гидропосту (например, если явление по данным поста наблюдалось, но ущерб не зафиксирован). На втором уровне (Events) эти точечные отчеты группируются в события на основе пространственного положения и времени возникновения. К одному событию относятся все отчеты, которые связаны с одним гидрологическим явлением (паводком, половодьем) в речном бассейне. Характеристика ущерба дана как на первом уровне (для каждого населенного пункта), так и на втором уровне (в целом для события). На третьем уровне (Drivers) представлена информация об экстремальных осадках, вызвавших дождевые и снегодождевые паводки, полученная по данным сети метеостанций и реанализа ERA5 [22]. Для явлений, не связанных с экстремальными осадками, эта информация не заполнялась.

База данных сформирована на основе следующих основных источников:

- ранее опубликованные БД, в том числе БД случаев опасных гидрометеорологических явлений, нанесших социально-экономические потери [14], и ранее созданная БД ОГЯ в бассейне р. Камы, которая включала всего 95 случаев [26]. Информация, полученная из этих БД, была адаптирована под разработанную структуру (рис. 1);
- ряды наблюдений гидропостов Росгидромета (всего использованы данные со 172 гидропостов за период с 2001 по 2023 г.). Данные получены с информационного ресурса [5].
- ежемесячные обзоры случаев опасных гидрометеорологических явлений, публикуемые в журнале «Метеорология и гидрология» [9];
- публикации на сайтах управлений МЧС РФ по субъектам РФ;
- публикации в СМИ и социальных сетях, характеризующие сами явления и нанесенный ими ущерб, в том числе фотографии и видеозаписи.

Данные сети метеостанций Росгидромета о паводкоформирующих осадках были получены с информационных ресурсов ВНИИГМИ-МЦД [12] для реперных метеостанций. Для прочих метеостанций данные получены из общедоступного архива [1]. Данные реанализа ERA5 были загружены с информационного ресурса Copernicus [18], где была выбрана переменная Total Precipitation с шагом по времени 1 ч и с шагом сетки 30 км.

По данным гидропостов были выбраны случаи, когда уровень воды превышал опасную отметку или отметку затопления для данного поста. Для всех этих случаев был проведен поиск информации об ущербе, опубликованной в вышеперечисленных информационных ресурсах. В зависимости от наличия ущерба для каждого случая ОГЯ был определен тип регистрации: для случаев без ущерба – превышение опасной отметки на гидропосте, для случаев с ущербом – по данным о нанесенном ущербе.

Поиск данных об ущербе в СМИ и социальных сетях проводился также для тех случаев, когда на гидропостах отмечался значительный подъем уровня воды, но он не достигал опасной отметки, либо данные об опасном уровне отсутствовали. Если для таких случаев обнаруживались сообщения об ущербе, а именно о затоплении домов и придомовых территорий, населенного пункта, эвакуации граждан, случаи заносились в БД согласно структуре (рис. 1). Если населенный пункт упоминался как пострадавший от наводнения, но количественные характеристики ущерба были неизвестны (без указания числа затопленных домов и т. д), такие случаи также были включены в БД, а способ регистрации ОГЯ был задан как «упоминание в СМИ».

Многие случаи ОГЯ, в том числе весьма разрушительные, произошли на неизученных водотоках, где отсутствуют гидропосты. Для таких случаев основным источником информации были сообщения в СМИ и специализированной литературе, фотографии и видеозаписи.

Геопривязка записей в базе данных выполнена по картографическому слою населенных пунктов, полученному по данным OpenStreetMap. Для каждой записи в таблице Reports приведен уникальный код населенного пункта (OSM ID), в котором было зафиксировано данное явление.

Картография и геоинформатика
Судницына Т.В., Шихов А.Н.

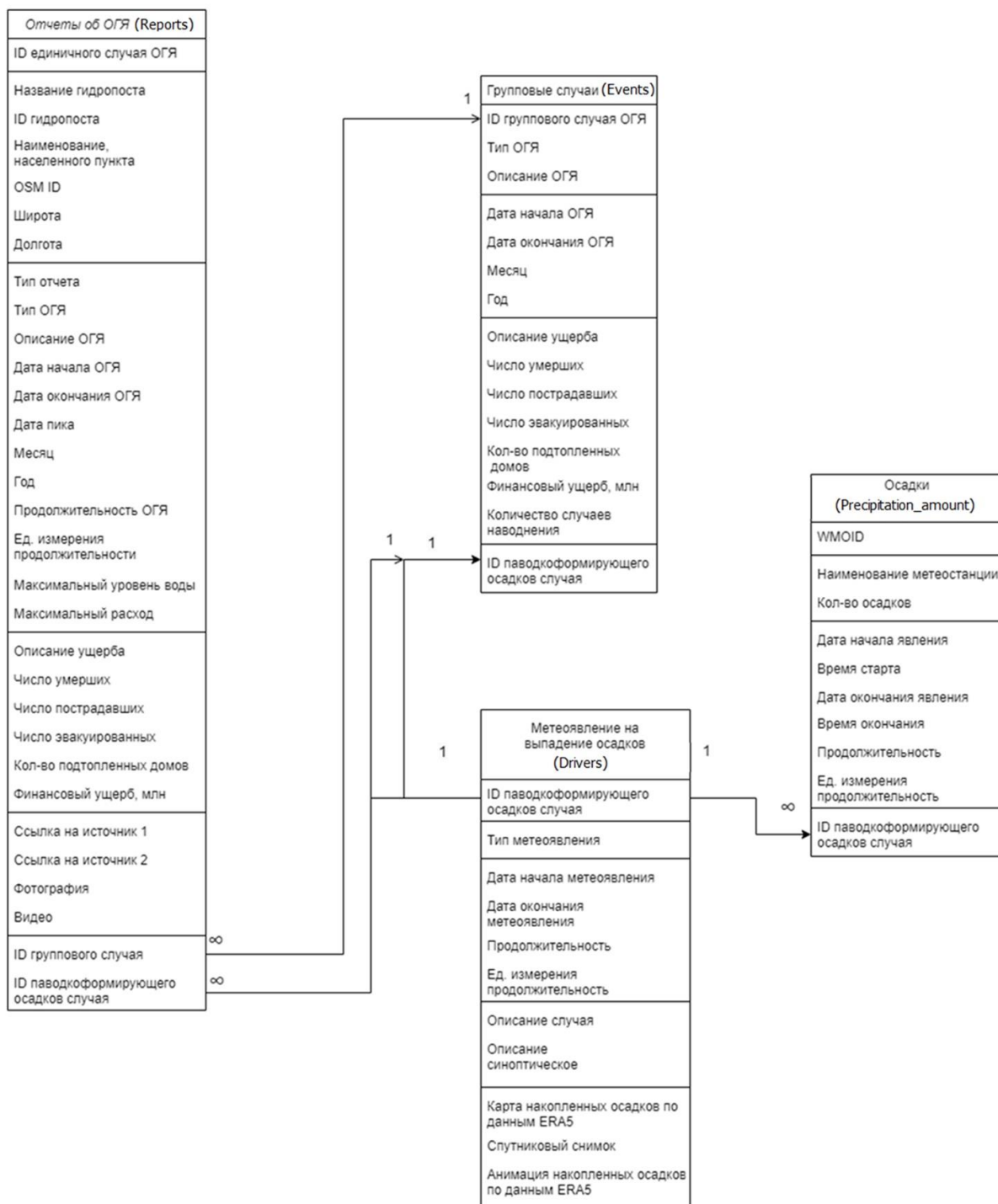


Рис. 1. Структура базы данных ОГЯ в бассейне р. Камы

Fig. 1. Structure of the database of hazardous hydrological events in the Kama River basin

В базе данных выделено 6 типов ОГЯ: весеннее половодье, ледовый затор, наледь и три типа паводков (дождевой, снегодождевой, ливневый). К ливневым паводкам отнесены случаи локальных быстроразвивающихся наводнений, наблюдавшихся в одном населенном пункте и не зафиксированные гидропостами, обусловленные локальными ливнями длительностью до нескольких часов (количество осадков более 30 мм/час, или 50 мм за 12 часов) [11]. Всего в базу данных включено 5 таких случаев. К снегодождевым паводкам отнесены случаи, связанные с сильными осадками, выпавшими на спаде половодья, которые сопровождалось интенсивным таянием снега в горах, или с обильными смешанными осадками и таянием временного снежного покрова осенью (всего 19 записей, которые

*Картография и геоинформатика**Судницына Т.В., Шихов А.Н.*

относятся к шести различным событиям). Для остальных наводнений дождевого генезиса был задан тип «дождевой паводок», т.к. в основном они были обусловлены обильными осадками большой продолжительности (1–5 сут), которые охватывали обширные территории.

Даты начала, окончания явления и максимального уровня воды были определены по данным гидропостов. Продолжительность явления была вычислена по длительности сохранения опасного уровня воды либо уровня выше отметки затопления (по данным гидропоста). Для случаев, не обеспеченных данными наблюдений гидропостов, была зафиксирована только дата максимума на основании сообщений в открытых источниках.

Сведения об ущербе от ОГЯ в БД даны в виде краткого текстового описания и количественных характеристик (число погибших, пострадавших, эвакуированных, число затопленных домов, экономический ущерб в млн. руб., в ценах соответствующего года). Доступность этих данных остается на низком уровне, особенно для случаев, наблюдавшихся до 2010 г. Отдельно стоит отметить низкое качество данных об экономическом ущербе – оценки, опубликованные в СМИ и в специализированных ресурсах, чаще всего имеют оперативный характер и могут быть занижены либо даны лишь для одной отрасли экономики.

При формировании таблицы второго уровня (Events) данные об ущербе суммировались для всех населенных пунктов, в которых наблюдалось данное явление. Продолжительность явления также была задана на основе самой ранней и поздней даты со всех пунктов наблюдений, где это явление было зафиксировано. Примечательно, что данные об ущербе от явления в целом (без привязки к конкретному населенному пункту) могут быть более полными и корректными, поскольку оценки экономического ущерба от ОГЯ публикуются обычно для региона в целом.

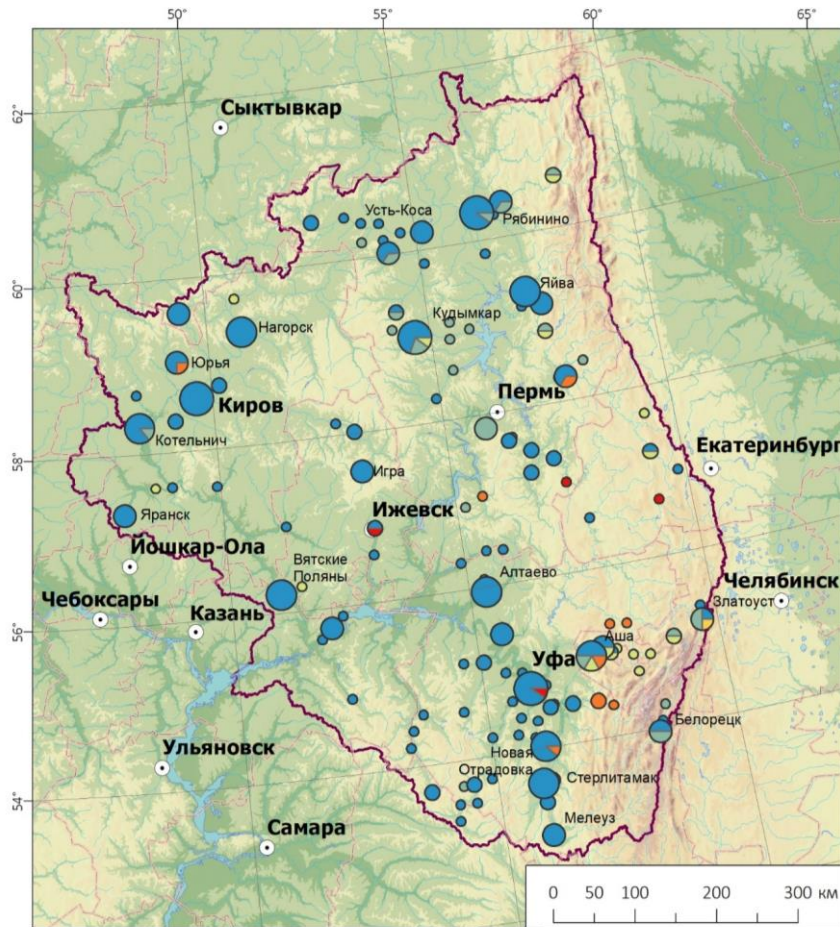
Характеристика паводкоформирующих осадков (Drivers) получена по данным сети метеостанций и реанализа ERA5. При этом учитывались данные наблюдений не только ближайшей к месту возникновения ОГЯ метеостанции, но и нескольких соседних, которые могут быть более репрезентативными. Для каждого случая был определен тип метеорологического явления, его продолжительность и количество накопленных осадков. По данным ERA5 смоделирована синоптическая ситуация и построены карты пространственного распределения накопленных осадков за тот же период, когда они фиксировались метеостанциями. Важно отметить, что реанализ успешно воспроизводит только осадки обложного или смешанного генезиса, охватывающие обширные территории, тогда как ливневые осадки воспроизводятся плохо. Однако оценка пространственного распределения осадков в любом случае представляет интерес по причине редкости сети метеостанций, особенно в горной части Урала.

Результаты и их обсуждение*Основные характеристики ОГЯ в бассейне р. Камы*

В настоящее время база данных включает 282 отчета об ОГЯ, которые относятся к 132 населенным пунктам (рис. 2) и к 65 рекам (рис. 3). Наибольшее число случаев отмечено на следующих реках: на Вятке (32), Белой (31), Вишере (15), Стерле (14) и Симе (11).

Большинство населенных пунктов, пострадавших от ОГЯ, расположены в предгорьях Урала (восточная часть Республики Башкортостан, западная часть Челябинской области, северная и восточная часть Пермского края), а также в поймах крупных рек (Вятки, Белой) на равнинной территории. Наибольшее число случаев ОГЯ зафиксировано в г. Кирове (14), г. Уфе (11), г. Кудымкаре и с. Рябино (10), п.г.т. Нагорске (8), г. Стерлитамаке и г. Котельнич (7). Перечисленные населенные пункты расположены в различных частях бассейна, но их объединяет положение в поймах крупных и средних рек с незарегулированным стоком (кроме г. Уфы), вследствие чего поймы регулярно подвергаются затоплению в период весеннего половодья. При этом доля случаев ОГЯ с зафиксированным ущербом для каждого населенного пункта разная: так, в с. Рябино ущерб отмечен только в одном из десяти случаев, а в г. Кудымкаре – во всех 11 случаях. Это обусловлено особенностями расположения жилой застройки и/или наличием защитных сооружений (дамб). Некоторые населенные пункты, которые в недавнем прошлом выделялись по величине ущерба от наводнений (например, г. Кунгур в Пермском крае), в данный список не попали. Это произошло вследствие снижения повторяемости наводнений в XXI в. в сравнении с предыдущими десятилетиями, а также улучшения инженерной защищенности населенных пунктов [10].

Картография и геоинформатика
Судницына Т.В., Шихов А.Н.



Условные обозначения

Распределение ОГЯ по происхождению



Частота ОГЯ



Шкала высот, м



- границы субъектов РФ
- центры субъектов РФ
- границы водосборного бассейна
- реки
- озера и водохранилища

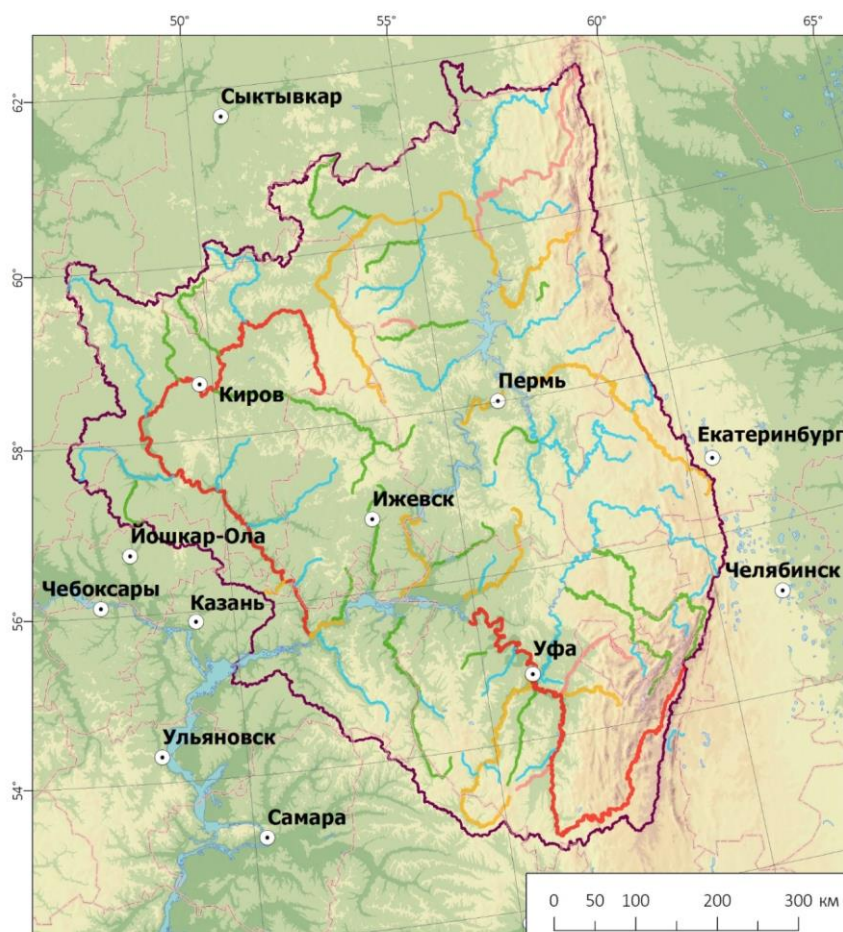
Рис. 2. Случаи ОГЯ на территории бассейна р. Камы

Fig. 2. Hazardous hydrological events reported in the Kama River basin

В базе данных выделено 4 типа регистрации ОГЯ (рис. 4). Более 54 % случаев зафиксированы по данным об ущербе, еще в 21 % случаев – упоминание в СМИ (т.е. количественной характеристики ущерба нет). В 24 % случаев было зафиксировано превышение опасной отметки или отметки затопления на гидропостях, но сведений об ущербе не было. Один случай внесен в базу данных на основе опубликованной видеозаписи.

Опубликованные сообщения об ущербе от наводнений были основным источником информации для наполнения БД. В связи с этим существует проблема недооценки числа случаев наводнений за период до повсеместного распространения сети Интернет, т.е. до 2010-х гг. Отмечается искусственный (инструментальный) рост числа случаев в последние десятилетия, что хорошо заметно на рис. 5. Аналогичная проблема характерна и для других баз данных об опасных природных явлениях, наполнение которых происходит на основе анализа публикаций в открытых источниках [16; 21].

Картография и геоинформатика
Судницына Т.В., Шихов А.Н.



Условные обозначения

Повторяемость (количество случаев) ОГЯ с 1990-2023 г.

- 1 - 2
- 3 - 4
- 5 - 9
- 10 - 15
- больше 16

- границы субъектов РФ
- центры субъектов РФ
- границы водосборного бассейна

Шкала высот, м

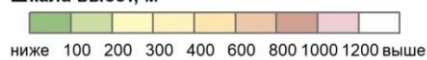


Рис. 3. Частота случаев ОГЯ на основных реках бассейна р. Камы
Fig. 3. Hazardous hydrological events frequency on the main rivers of the Kama River basin

Из всех рассмотренных явлений большинство случаев ОГЯ (79 %) связаны с весенним половодьем, на дождевые, снегодождевые и ливневые паводки приходится 17 %, а остальные 4 % – на ледовые заторы и наледи. Проанализируем более детально случаи наводнений с выявленным ущербом за период с 1990–2023 гг. (152 случая). Из них на половодье приходится уже 69,1 % (т.е. существенно меньше, чем по всей базе данных), на дождевые и снегодождевые паводки – 13,2 и 9,2 % случаев соответственно, на ледовые заторы – 5,3 %, на ливневые паводки – 2,6 %, на наледи – 0,7 %. Преобладание случаев, вызванных половодьем, характерно для рек с восточноевропейским типом режима [3]. Опасные ледовые явления (заторы и наледи) в целом нетипичны для бассейна Камы, в сравнении с бассейнами рек Сибири, по причине меньшей толщины льда на реках. Дождевые паводки возникают периодически как на горных, так и на равнинных реках, причем на фоне изменения климата риски, связанные с ними, могут возрасти, так как потепление ведет к росту доли ливневых осадков [17].

Картография и геоинформатика
Судницына Т.В., Шихов А.Н.



Рис. 4. Типы регистрации ОГЯ
Fig. 4. Types of reports on hazardous hydrological events

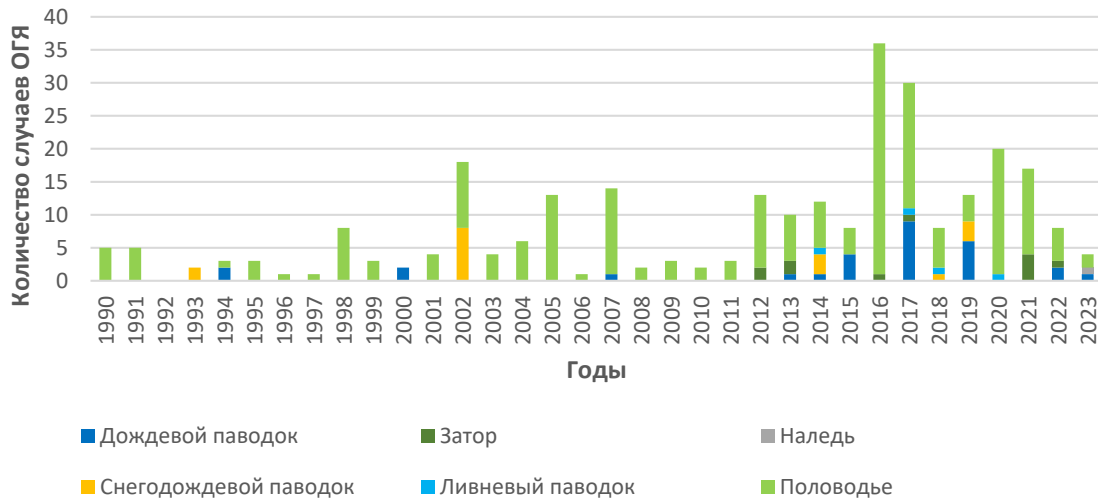


Рис. 5. Межгодовая изменчивость числа случаев ОГЯ с зафиксированным ущербом
Fig. 5. Interannual variability of hazardous hydrological events with recorded damage

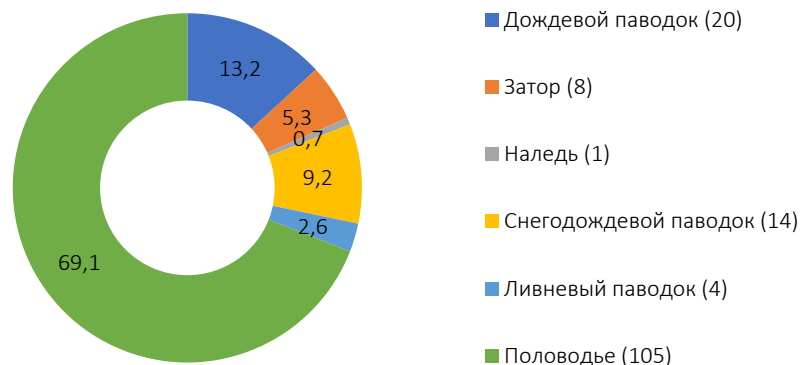


Рис. 6. Распределение случаев ОГЯ, нанесших ущерб, по типам
Fig. 6. Types of hazardous hydrological events that caused economic losses

Данные об ущербе от наводнений можно оценивать по 5 позициям: количество погибших, пострадавших и эвакуированных, затопленные дома и финансовый ущерб (в млн руб.). Рассмотрим каждую категорию более детально.

*Картография и геоинформатика**Судницына Т.В., Шихов А.Н.*

В базе данных имеется всего 3 события с подтвержденными случаями гибели людей и одно событие, когда были пропавшие без вести. События связаны с паводками различного генезиса (ливневый, снегодождевой и дождевой), а также с высоким весенним половодьем в Башкортостане в 1990 г. Наибольшее число жертв зарегистрировано в 1994 г. в пос. Тирлянский – 29 человек от дождевого паводка, который привел к разрушению плотины водохранилища. Данные о пострадавших (травмированных) имеются в двух случаях (2 чел. при половодье и 7 чел. при дождевом паводке). В целом эта статистика указывает на большую вероятность человеческих жертв при паводках в сравнении с половодьями по причине их внезапности.

В 46 случаях (16,3 %) наводнения привели к эвакуации людей. В основном это были наводнения, вызванные половодьем (60,9 %), ледовыми заторами (17,4 %) и паводками (10,9 и 8,7 и 2,2 % для дождевого, снегодождевого и ливневого паводка соответственно). Число эвакуированных, как правило, пропорционально числу затопленных жилых домов. Количественные оценки по затоплению домов приведены для 117 случаев (41 % от всех случаев в базе данных) и распределены по типам ОЯ на основе частоты возникновения. Наиболее масштабные затопления (свыше 1000 домов в одном населенном пункте) зафиксированы при половодьях. При дождевых паводках сопоставимый масштаб ущерба наблюдался только в одном случае – 11 июня 2002 г. в городах Аша, Миньяр и Сим было затоплено в общем сложности 1100 жилых домов.

Оценка экономического ущерба от наводнений, как показано выше, отличается неполнотой. В основном данные доступны не по каждому населенному пункту, а в целом по субъектам РФ, имеют предварительный характер или ограничиваются одной отраслью. Примечателен значительный ущерб от ливневых паводков в крупных городах (в Ижевске и 2014 г. и в Уфе в 2017 г.), что обусловлено высокой плотностью объектов, подверженных воздействию наводнения, их высокой стоимостью, а также более полной публикацией данных об ущербе в этих случаях. Но наибольшая оценка ущерба характерна для весеннего половодья 1990 г. в Башкортостане (250 млн руб. в ценах 1990 г.).

Характеристика паводкоформирующих осадков

Всего в базу данных включена информация о 28 случаях обильных осадков, которые вызвали паводки, из них 27 случаев зафиксированы сетью метеостанций. В 22 из 28 случаев продолжительность выпадения осадков составила свыше 12 ч, что позволяет отнести их к категории продолжительных дождей. При этом только 15 из 28 случаев соответствуют критериям опасного метеорологического явления (сильный ливень, очень сильный дождь или продолжительный дождь), принятым для территории Уральского УГМС.

В пяти случаях (12.06.1993 г. в Кытлыме, 19.07.2007 в Бисере, 25.06.2015 в Губахе, 04.09.2017 в Уфе и 20.07.2020 в Бисерти) сумма осадков за 24 ч, по данным метеостанций, превышала 100 мм. В том числе в двух случаях (25.06.2015 в Губахе и 04.09.2017 в Уфе) более 100 мм осадков выпало за период менее 12 ч. Во всех перечисленных случаях отмечались паводки со значительным ущербом. Условия формирования паводкоформирующих осадков были весьма разнообразными, но в большинстве случаев они выпадали на переувлажненную почву или на нарастающий снежный покров, что было основным фактором, способствующим формированию паводка.

Сравнение результатов с другими регионами РФ

Преобладание наводнений, вызванных паводками или весенним половодьем, определяется режимом стока рек. Так, наиболее опасными и разрушительными являются наводнения, вызванные дождевыми и ливневыми паводками на Северном Кавказе [8], на реках Южной Сибири [6] в бассейне Амура [13] и в других регионах Дальнего Востока. Наводнения, вызванные весенним половодьем, более характерны для равнинных регионов – Европейской части, а также Западной и Центральной Сибири. Особенностью бассейна р. Камы, в частности его горной части, является возможность возникновения наводнений, связанных как с таянием снега, так и с выпадением осадков, и смешанного генезиса (снегодождевых паводков), которые являются наиболее опасными. Повышенное внимание к ним связано с экстремальным паводком 12–14 июня 1993 г. на реках Северного Урала, который повлек разрушение плотины Киселевского водохранилища в г. Серове Свердловской области. Они формируются при выпадении обильных осадков на спаде весеннего половодья или же в осенний период, когда обильные осадки выпадают на временный снежный покров. При снегодождевых паводках отмечаются более резкие подъемы уровней воды, чем в период весеннего половодья, а на некоторых реках и более высокие пики. Характерные случаи снегодождевых паводков на реках бассейна Камы отмечены в июне 1993, 2002, 2017 гг., когда наблюдалось позднее разрушение снежного покрова в горах.

Картография и геоинформатика

Судницына Т.В., Шихов А.Н.

Заключение

Основным результатом работы является созданная картографическая база данных об опасных гидрологических явлениях в бассейне р. Камы и связанном с ними ущербе. База данных объединяет всю имеющуюся информацию об этих явлениях, опубликованную за последние 30 лет в открытых источниках. В перспективе планируется сделать данные доступными через онлайн-картографический сервис, а также использовать созданную базу данных, наряду с другими источниками (в частности спутниковыми данными и реанализом) для создания серии карт опасности и риска наводнений в бассейне р. Камы.

Основным ограничением является разная доступность данных о случаях ОГЯ и ущербе от них за разные годы. В результате имеет место инструментальный рост числа случаев с максимумом в 2016–2017 гг. Фактически же сток весеннего половодья (с которым и связано большинство случаев ОГЯ) на реках бассейна Камы не увеличивается, а на Южном Урале отмечается снижение весеннего стока [4]. В отличие от половодий, рост повторяемости дождевых паводков, вызывающих ущерб, может быть уже не инструментальным, поскольку согласуется с данными об увеличении доли ливневых осадков [17].

В ходе работы выявлены также особенности пространственного распределения случаев ОГЯ. Весенние половодья наиболее часто наносят ущерб в населенных пунктах, расположенных в поймах крупных и средних рек с незарегулированным стоком. Увеличению ущерба способствует застройка поймы и отсутствие защитных сооружений. По совокупности показателей повторяемости затопления и его возможных масштабов (количества объектов, находящихся в зоне затопления) наибольшая опасность наводнений в бассейне Камы характерна для г. Уфы. Особенностью горной части бассейна р. Камы является опасность наводнений, вызванных снегодождевыми паводками.

Библиографический список

1. Архив фактической погоды по метеостанциям России. URL: <http://pogodaiklimat.ru/archive.php?id=ru> (дата обращения 31.05.2024 г.).
2. Борц С.В., Симонов Ю.А., Христофоров А.В. Система прогнозирования паводков и раннего оповещения о наводнениях на реках Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани // Труды Гидрометцентра РФ. 2015. Вып. 356. 247 с.
3. Бузин В.А., Копалиани З.Д. Наводнения на реках России при современных тенденциях в изменении климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2007. № 5. С. 43–54.
4. Варенцова Н.А., Киреева М.Б., Харламов М.А., Варенцов М.И., Фролова Н.Л., Поваляшников Е.С. Формирование весеннего стока рек ЕТР: основные факторы и способы их учета. II. Переоценка с учетом современных условий на примере рек бассейна Дона // Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 2022. Вып. 384 (2). С. 117–146.
5. Информационная система по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России. URL: <http://gis.vodinfo.ru/hydrographs/basin/10>
6. Кичигина Н.В. Наводнения Сибири: географический и статистический анализ за период климатических изменений // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2021. № 1. С. 41–59.
7. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. URL: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/navodneniya-i-vesennie-pavodki_7 (дата обращения: 13.06.2024).
8. Мироненко А.А., Рец Е.П., Фролова Н.Л. Современная динамика показателей опасности наводнений на реках Северного Кавказа России // Водные ресурсы. 2022. Т. 49, № 2. С. 225–237.
9. Научно-технический журнал «Метеорология и гидрология». URL: <http://mig-journal.ru/archive> (дата обращения 13.06.2024).
10. Пьянков С.В., Шихов А.Н. Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь. ООО «Раритет-Пермь», 2014. 296 с.
11. Руководящий документ РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. СПб: Росгидромет, 2013. 48 с.
12. Специализированные массивы для климатических исследований. URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения 31.05.2024).
13. Фролов А.В. и др. ГИС Амур – система мониторинга, прогнозирования и раннего оповещения о наводнениях // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 5–21.
14. Шамин С.И., Бухонова Л.К., Санина А.Т. «Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019621326.
15. Brakenridge G.R. Global Active Archive of Large Flood Events. Dartmouth Flood Observatory, University of Colorado, USA. URL: <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/> (дата обращения 31.05.2024)
16. Chernokulsky A, Kurgansky M, Mokhov I, Shikhov A, Azhigov I, Selezneva E, Zakharchenko D, Antonescu B, Kühne T. Tornadoes in Northern Eurasia: from the Middle Age to the Information Era // Mon. Weather Rev. 2020. Vol. 148. P. 3081–3111.
17. Chernokulsky A., Kozlov F., Zolina O., Bulygina O., Mokhov I.I., Semenov V.A. Observed changes in convective and stratiform precipitation in Northern Eurasia over the last five decades // Env. Res. Letters. 2019. Vol. 14, No. 045001–17.
18. Copernicus Climate Data Store. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu> (дата обращения 31.05.2024).
19. de Bruijn J.A., de Moel H., Jongman B. et al. A global database of historic and real-time flood events based on social media // Scientific Data. 2019. Vol. 311 (6). doi: 10.1038/s41597-019-0326-9.
20. EM-DAT: информационная база данных. URL: <https://www.emdat.be> (дата обращения 31.05.2024)

Картография и геоинформатика

Судницына Т.В., Шихов А.Н.

21. Groenemeijer P., Kühne T. A climatology of tornadoes in Europe: Results from the European Severe Weather Database // *Mon. Weather Rev.* 2014. Vol. 142. P. 4775–4790.
22. Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // *Quarterly J. Royal Meteorol. Soc.* 2020. Vol. 146. P. 1999–2049.
23. Li Z., Chen M., Gao S., Gourley J.J., Yang T., Shen X., Kolar R., Hong Y. A multi-source 120-year US flood database with a unified common format and public access // *Earth Syst. Sci. Data.* 2021. Vol. 13. P. 3755–3766.
24. Napolitano E., Marchesini I., Salvati P., Donnini M., Bianchi C., Guzzetti F. LAND-deFeND – An innovative database structure for landslides and floods and their consequences // *J. Environ. Management.* 2018. Vol. 207. P. 203–218.
25. Paprotny D., Terefenko P., Ślędziowski J. An improved database of flood impacts in Europe, 1870–2020: HANZE v2.1, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* 2023. doi: 10.5194/essd-2023-321.
26. Pyankov S.V., Abdullin R.K., Shikhov A.N., Semakina A.V. Online web map service for monitoring of snow cover and hazardous hydrological events in the Kama river basin: the features of development and content // *InterCarto, InterGIS.* 2020. Vol. 26. P. 5–19.
27. Tellman B., Sullivan J.A., Kuhn C. et al. Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods // *Nature.* 2021. Vol. 596. P. 80–86.

References

1. Archive of actual weather by meteorological stations of Russia, Available at: <http://pogodaiklimat.ru/archive.php?id=ru> (Assessed 31 May 2024).
2. Borshch S.V., Simonov Yu.A., Khristoforov A.V. (2015), System of flood forecasting and early warning of floods on the rivers of the Black Sea coast of the Caucasus and the Kuban basin, *Proceedings of the Hydrometeorological Centre of the Russian Federation*, vol. 356, 247 p.
3. Buzin, V.A., Kopaliani, Z.D. (2007) Floods on the Russian rivers under the modern tendencies in climate change (in Russian), *Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University*, vol. 5. pp. 43–54.
4. Varentsova, N.A., Kireeva, M.B., Kharlamov, M.A., Varentsov, M.I., Frolova, N.L., Povalishnikova, E.S. (2022), Formation of spring runoff of the rivers of European Russia: main factors and ways of their accounting. II. Reassessment with account of modern conditions on the example of the Don basin rivers. *Hydrometeorological Studies and Forecasts*, vol. 384(2), pp. 117–146.
5. Information system on water resources and water management of Russian river basins. URL: <http://gis.vodinfo.ru/hydrographs/basin/10>.
6. Kichigina N.V. (2021), Floods of Siberia: geographical and statistical analysis for the period of climatic changes, *Bulletin of Saint-Petersbourg State University: Earth Sciences*, no. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/navodneniya-sibiri-geograficheskii-i-statisticheskii-analiz-za-period-klimaticheskikh-izmeneniy> (Assessed May 31, 2024).
7. Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Available at: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/navodneniya-i-vesennie-pavodki_7 (Assessed May 31, 2024).
8. Mironenko A.A., Rets E.P., Frolova N.L. (2022), Modern dynamics of flood hazard indicators on the rivers of the North Caucasus of Russia, *Water Resources*, vol. 49, no. 2, pp. 225–237.
9. Scientific and Technical Journal "Meteorology and Hydrology". Available at: <http://mig-journal.ru/archive> (Assessed May 31, 2024).
10. Pyankov S.V., Shikhov A.N. (2014), *Hazardous hydrometeorological events: mode, monitoring, forecast*. Perm State University, Perm, 296 p.
11. Guiding document RD 52.04.563-2013. Instruction on preparation and transmission of storm messages by observation units (2013), Saint-Petersbourg, Roshydromet publisher, 48 p.
12. Specialised datasets for climate research. Available at: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (assessed 31 May 2024).
13. Frolov A.V., Asmus V.V., Borshch S.V. et al. (2016), GIS-Amur system of flood monitoring, forecasting, and early warning. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, vol. 41, pp 157–169.
14. Shamin S.I., Bukhonova L.K., Sanina A.T. (2019), *Information about hazardous and unfavourable hydrometeorological phenomena that caused economic and social damage on the territory of Russia*, Certificate of state registration of the database No. 2019621326.
15. Brakenridge G.R. Global Active Archive of Large Flood Events. Dartmouth Flood Observatory, University of Colorado, USA. Available at <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/> (Assessed May 31, 2024).
16. Chernokulsky A, Kurgansky M, Mokhov I, Shikhov A, Azhigov I, Selezneva E, Zakharchenko D, Antonescu B, Kühne T. (2020), Tornadoes in Northern Eurasia: from the Middle Age to the Information Era, *Mon. Weather Rev.*, vol. 148, pp. 3081–3111.
17. Chernokulsky A., Kozlov F., Zolina O., Bulygina O., Mokhov I.I., Semenov V.A. (2019), Observed changes in convective and stratiform precipitation in Northern Eurasia over the last five decades, *Env. Res. Letters*, vol. 14, Art. No. 045001–17.
18. Copernicus Climate Data Store. Available at: <https://cds.climate.copernicus.eu> (assessed 31 May 2024).
19. de Bruijn J.A., de Moel H., Jongman B. et al. (2019), A global database of historic and real-time flood events based on social media, *Scientific Data*, 2019, vol. 311(6). DOI: 10.1038/s41597-019-0326-9.
20. EM-DAT Database. URL: <https://www.emdat.be> (assessed 31 May 2024).
21. Groenemeijer P., Kühne T. (2014), A climatology of tornadoes in Europe: Results from the European Severe Weather Database, *Mon. Weather Rev.*, vol. 142, pp. 4775–4790.
22. Hersbach H. et al. (2020), The ERA5 global reanalysis, *Quarterly J. Royal Meteorol. Soc.* vol. 146. pp. 1999–2049.
23. Li Z., Chen M., Gao S., Gourley J.J., Yang T., Shen X., Kolar R., Hong Y. (2021), A multi-source 120-year US flood database with a unified common format and public access, *Earth Syst. Sci. Data*, vol. 13, pp. 3755–3766.
24. Napolitano, E., Marchesini, I., Salvati P., Donnini M., Bianchi C., Guzzetti F. (2018), LAND-deFeND – An innovative database structure for landslides and floods and their consequences, *J. Environ. Management*, vol. 207, pp. 203–218.
25. Paprotny D., Terefenko P., Ślędziowski, J. (2023), An improved database of flood impacts in Europe, 1870–2020: HANZE v2.1, *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* [preprint], DOI: 10.5194/essd-2023-321.

*Картография и геоинформатика**Судницына Т.В., Шихов А.Н.*

26. Ryankov S.V., Abdullin R.K., Shikhov A.N., Semakina A.V. (2020), Online web map service for monitoring of snow cover and hazardous hydrological events in the Kama river basin: the features of development and content, *InterCarto, InterGIS*, vol. 26, pp. 5–19.

27. Tellman B., Sullivan J.A., Kuhn C. et al. (2021), Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods, *Nature*, vol. 596, pp. 80–86.

Статья поступила в редакцию: 30.05.24, одобрена после рецензирования: 30.08.24, принята к опубликованию: 12.09.24.
The article was submitted: 30 May 2024; approved after review: 30 August 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторах**Татьяна Владимировна Судницына**

аспирант кафедры картографии
и геоинформатики,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: tanek51@mail.ru

Андрей Николаевич Шихов

доктор географических наук, профессор
кафедры картографии и геоинформатики,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет;
614068, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15;

научный сотрудник Института наук о Земле,
Санкт-Петербургский государственный
университет
199034, Россия, г. Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 7–9

e-mail: shikhovan@gmail.com

Information about the authors**Tatiana V. Sudnitsyna**

Postgraduate Student of the Department of
Cartography and GIS,
Perm State University;

15 Bukireva str., Perm, 614068, Russia

Andrey N. Shikhov

Doctor of Geographical Sciences, Professor,
Department of Cartography and GIS,
Perm State University;

15, Bukireva st., Perm, 614068, Russia;

Researcher, Earth Sciences Institute, St. Petersburg
State University

7-9 Universitetskaya Embankment, St Petersburg,
Russia, 199034

Вклад авторов

Судницына Т.В. – сбор данных, создание структуры базы данных, создание карт, подготовка текста.

Шихов А.Н. – постановка задач, редактирование базы данных, редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Tatiana V. Sudnitsyna – data collection; creation of the database structure; creation of maps; text preparation.

Andrey N. Shikhov – problem statement; editing of the database; editing of the text.

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

Научное издание

Географический вестник
Geographical Bulletin

Выпуск №3(70)/2024

Редактор *А.С. Серебrenиков*
Корректор *С.А. Вороненко*
Компьютерная верстка *М.К. Пехтерева*

Подписано в печать 25.09.2024. Выход в свет 30.09.2024.
Формат 60×84/8. Усл. печ. л. 22,09. Тираж 500 экз. Заказ № 124

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