

ISSN 2687-0509

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ



4(24).2025

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научный журнал

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук

4 (24). 2025

Журнал основан в 2020 г.

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Теория и методология географических исследований	
ЧЕРКАШИН А.К. География как точная наука	5
Изучение территориальных социально-экономических систем и их компонентов	
СУХОВЕЕВА А.Б. Смертность населения Еврейской автономной области от причин, обусловленных алкоголем в период экономических кризисов 2015–2022 гг.	25
ЦЫДЕНОВ Б.Б., ГОНЧИКОВ Ц.Д., УРБАНОВА Ч.Б. Анализ динамики половозрастной структуры населения Забайкальского края за 1970–2024 гг.	38
Изучение природных геосистем и их компонентов	
ТАНАНАЕВ Н.И., ТИМОФЕЕВ М.А. Оценка изменчивости среднегодовой температуры воздуха в климатических моделях для территории Камчатского края	48
ЖАРИКОВ В.В., ЛАНКИН А.С., АХМАЕВА Э.Э. Морское пространственное планирование в Китае	62
ДАРМАН Ю.А., МАТЮХИНА Д.С. Динамика численности группировки амурского тигра (<i>Panthera tigris altaica</i>) на территории юго-западного Приморья	77
ХАРЧЕНКО С.А., ЖАРКОВ Д.М., ГАНЗЕЙ К.С. Влияние трансграничных переносов на загрязнение атмосферы Приморского края в 2024 г., на примере поселка Смычка	88
ЗУБОВ А.Г., НАУМОВ А.Н., БУРНАТНЫЙ С.С., МИНЮК П.С. Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия)	99
Хроника	
Международная научно-практическая конференция «Великий Азиатский водораздел: география, экономика, экология». Батомункуев В.С., Пинтаева Е.Ц., Жарникова М.А.	109
VII Международная конференция «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии». Ланкин А.С., Жариков В.В.	112
Авторский указатель статей, опубликованных в 2025 году	115

Главный редактор
д.г.н., главный научный сотрудник
ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
А.В. МОШКОВ

Заместитель главного редактора
К.С. ГАНЗЕЙ – чл.-корр. РАН, д.г.н., директор ТИГ ДВО РАН

Ответственный секретарь
Л.В. ГОРБАТЕНКО – к.г.н., научный сотрудник ТИГ ДВО РАН

Переводчик
А.С. ЛАНКИН – помощник директора по международным связям ТИГ ДВО РАН

Редакционная коллегия:

Бровко П.Ф.	–	д.г.н., профессор Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток)
Владимиров И.Н.	–	д.г.н., директор Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (г. Иркутск)
Воронов Б.А.	–	чл.-корр. РАН, научный руководитель ХФИЦ, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (г. Хабаровск)
Гармаев Е.Ж.	–	чл.-корр. РАН, директор Байкальского института природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ)
Дао Динь Чам	–	профессор, директор Института географии ВАНТ (Вьетнам)
Дон Соучен	–	профессор, директор Центра устойчивого развития в Северо-Восточной Азии, Институт географических исследований и природных ресурсов КАН (Китай)
Жариков В.В.	–	к.г.н., заместитель директора Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Качур А.Н.	–	к.г.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Лау Винь Кам	–	профессор, вице-президент Ассоциации азиатских географов (Вьетнам)
Махинов А.Н.	–	д.г.н., главный научный сотрудник ХФИЦ, Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (г. Хабаровск)
Мишина Н.В.	–	к.г.н., научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Назаров Н.Н.	–	д.г.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Новиков А.Н.	–	д.г.н., профессор Забайкальского государственного университета (г. Чита)
Осипов С.В.	–	д.б.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Паничев А.М.	–	д.б.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Пинюй Чжан	–	профессор, заместитель директора Института географии и агроэкологии КАН (Китай)
Плетнев С.П.	–	д.г.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (г. Владивосток)
Плюснин В.М.	–	д.г.н., научный руководитель Института географии СО РАН (г. Иркутск)
Разжигаева Н.Г.	–	д.г.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Ткаченко Г.Г.	–	к.г.н., старший научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Чибилев А.А.	–	академик РАН, научный руководитель Института степи УрО РАН (г. Оренбург)
Шамов В.В.	–	д.г.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Шведов В.Г.	–	д.г.н., ведущий научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)
Шулькин В.М.	–	д.г.н., главный научный сотрудник Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток)

PACIFIC GEOGRAPHY

Scientific journal

Founder

Pacific Geographical Institute
Far Eastern Branch
Russian Academy of Sciences

4 (24). 2025

The journal was founded in 2020

Periodicity – 4 times a year

CONTENTS

Theory and methodology of geographical research

CHERKASHIN A.K. Geography as an exact science	5
---	---

Examination of the territorial socio-economic systems and their components

SUKHOVEEVA A.B. Mortality of the population of the Jewish Autonomous Region from alcohol-related causes during the economic crises of 2015–2022	25
TSYDENOV B.B., GONCHIKOV C.D., URBANOVA C.B. Analysis of the dynamics of the gender and age structure of the population in the Trans-Baikal Territory for 1970–2024	38

Examination of the natural geosystems and their components

TANANAEV N.I., TIMOFEEV M.A. Assessment of the mean annual air temperature variability in climate models for the Kamchatsky Krai	48
ZHARIKOV V.V., LANKIN A.S., AKHMAEVA E.E. Marine Spatial Planning in China	62
DARMAN YU.A., MATIUKHINA D.S. The dynamics of the Amur tiger grouping (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the Southwestern Primorsky Region	77
KHARCHENKO S.A., ZHARKOV D.M., GANZEI K.S. The impact of transboundary transfers on atmospheric pollution in Primorsky Krai in 2024, using the example of Smychka Settlement ..	88
ZUBOV A.G., NAUMOV A.N., BURNATNY S.S., MINYUK P.S. A large landslide from the slope of the Polovinka steep bank across the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression) ..	99

Chronicle

International Conference “The great Asian watershed: geography, economics, ecology”. Batomunkuyev V.S., Pintaeva E.Ts., Zharnikova M.A.	109
VII International Conference “Resources, Environment, and Regional Sustainable Development in Northeast Asia”. Lankin A.S., Zharikov V.V.	112
Author index of articles published in 2025	115

Chief Editor
ScD. (Geography), Chief research associate
of Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
A.V. MOSHKOV

Deputy Editor
K.S. GANZEI – Corresponding Member of RAS, ScD.,
Director of PGI of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

Executive Secretary
L.V. GORBATENKO – PhD (Geography), Research associate

Translator
A.S. LANKIN – Assistant on external affairs

Editorial Board:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Brovko P.F. | – | ScD., Professor of Far Eastern Federal University (Vladivostok) |
| Chibilev A.A. | – | Academician of RAS, Research Adviser of Institute of Steppe of the URAL Branch of RAS (Orenburg) |
| Dao Dinh Cham | – | professor, director, Institute of Geography, Vietnamese Academy of Science and Technology (Hanoi, Vietnam) |
| Garmaev E.Zh. | – | Correspondent Member of RAS, Director of Baikal Institute of Nature Management of the Siberian Branch of RAS (Ulan-Ude) |
| Kachur A.N. | – | PhD (Geography), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Makhinov A.N. | – | ScD (Geography), Chief research associate of Institute of Water Ecological Problems of FEB RAS (Khabarovsk); |
| Mishina N.V. | – | PhD (Geography), research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Nazarov N.N. | – | ScD (Geography), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Novikov A.N. | – | ScD (Geography), Professor of Baikal University (Chita) |
| Osipov S.V. | – | ScD (Biology), Chief research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Panichev A.M. | – | ScD (Biology), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Pingyu Zhang | – | professor, Northeastern Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences (Changchun, China) |
| Pletnev S.P. | – | ScD (Geography), Leading research associate of V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Plyusnin V.M. | – | ScD (Geography), Research Adviser of Institute of Geography of the Siberian Branch of RAS (Irkutsk) |
| Razjigaeva N.G. | – | ScD (Geography), Chief research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Shamov V.V. | – | ScD (Geography), Chief research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Shulkin V.M. | – | ScD (Geography), Chief research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Shvedov V.G. | – | ScD (Geography), Leading research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Suo Cheng Dong | – | professor, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (Beijing, China) |
| Tkachenko G.G. | – | PhD (Geography), Chief research associate of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |
| Vinh Cam Lai | – | professor, Vice-President of the Association of Asian Geographers (Hanoi, Vietnam) |
| Vladimirov I.N. | – | ScD (Geography), director of V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS |
| Voronov B.A. | – | Corresponding Member of RAS, Scientific Adviser of the Institute of Water and Environmental Problems of the Khabarovsk Scientific Center, FEB RAS (Khabarovsk) |
| Zharikov V.V. | – | PhD (Geography), Deputy Director of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |



География как точная наука

Александр Константинович ЧЕРКАШИН

доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник

akcherk@irmok.net, <https://orcid.org/0000-0002-7596-7780>

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

Аннотация. Обсуждаются современное состояние и предпосылки формирования географии как точной доказательной науки. Своеобразие географической точности знаний определяется положением этой науки во фрактальной иерархической системе знаний на метатеоретическом (герменевтическом) уровне определения смыслового значения эмпирически и теоретически выявленных закономерностей с учетом особенностей окружающей среды проявления системных законов и постоянных величин естественного и математического происхождения. Географическая точность и наглядность возрастают при одновременном использовании познавательных средств системного, эмпирического и математического анализа, а также множества интертеорий, однотипно описывающих естественные, общественные и гуманитарные свойства. Степень проявления инвариантных характеристик, законов связи переменных и универсальных констант является критерием точности изучения природы, хозяйства и населения. Наличие этих особенностей продемонстрировано на примере сведения средствами дифференциальной геометрии частных закономерностей к общему линейному виду, аппроксимации рядов исходных данных периодическими функциями и вычисления различных константных соотношений в пространственных структурах. Прослеживается связь дискретных апостериорных соотношений с непрерывными аналитическими априорными моделями, с помощью которых объясняют пространственную дифференциацию. Достоверный расчет математических чисел по данным возможен только при центрировании, нормировании или логарифмировании измеренных признаков геосистем и наличии адекватных моделей их взаимосвязи. По требованиям «тонкой настройки» с ориентацией на математические константы должны быть определены естественные интервалы изменчивости коэффициентов моделей, которые корректируются по месту и времени и определяют области существования геосистем земного типа. Географическая точность зависит от умения принимать во внимание имеющиеся искажения и связывать их с факторным воздействием.

Ключевые слова: географическая наука, классификация знаний, математические модели, дифференциальные расслоения, пространственные структуры, универсальные константы

Для цитирования: Черкашин А.К. География как точная наука // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 5–24. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_1.

Original article

Geography as an exact science

Alexander K. CHERKASHIN

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief Researcher

akcherk@irmok.net, <https://orcid.org/0000-0002-7596-7780>

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

Abstract. The current state and prerequisites for the formation of geography as an exact evidence-based science are discussed. The peculiarity of geographical accuracy of knowledge is determined by the position of this science in the fractal hierarchical system of knowledge at the metatheoretical (hermeneutical) level of determining the semantic meaning of empirically and theoretically identified patterns taking into account the environmental features of the manifestation of systemic laws and constants of natural and mathematical origin. Geographical accuracy and visibility increase with the simultaneous use of cognitive tools of systematic, empirical, and mathematical analysis, as well as a variety of inter-theories that describe natural, social, and humanitarian properties in the same way. The degree of manifestation of invariant characteristics, laws of connection of variables and universal constants is a criterion for the accuracy of studying nature, economy and population. The presence of these features is demonstrated by the example of reducing partial patterns to a general linear form by means of differential geometry, approximating series of initial data by periodic functions, and calculating various constant relations in spatial structures. This is one of the forms of deductive interpretation of the concepts of geosystem inter-theories, since the identified empirical generalizations can be formally represented by various scientific means, for example, in terms of thermodynamics. There are interpretative transitions from one explanatory knowledge system to another with different numerical and functional invariants. These include the constants of Archimedes, Neper, Euler, Pythagoras, the Phidias number of the golden ratio, Zhirmunsky's critical constant, and others. Such values are mathematically calculated with any practically necessary accuracy. Of particular interest to science are cases where constants can be extracted from empirical data. The connection between a posteriori established discrete relations and a priori continuous analytical models, which explain spatial differentiation, is traced. Reliable calculation of mathematical numbers based on data is possible only if the measured features of geosystems are centered, normalized, or logarithmic and there are adequate models of their relationship. According to the requirements of "fine tuning" with a focus on mathematical constants, natural intervals of variability of model coefficients should be determined, which are adjusted for place and time and determine the areas of existence of terrestrial geosystems. Geographical accuracy depends on the ability to take into account the existing distortions and associate them with the factor impact.

Keywords: geographical science, knowledge classification, mathematical models, differential bundles, spatial structures, universal constants

For citation: Cherkashin A.K. Geography as an exact science. *Pacific Geography*. 2025;(4):5-24. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_1.

Введение

Обычно считается, что своеобразие географии как системы частных географических наук, совокупности отраслевых знаний заключается во всестороннем описании поверхности нашей планеты и окружающих ее пространственно-взаимодействующих природных, хозяйственных и социальных геосфер и наборов их компонентов различного масштаба [1]. По этой причине географию часто рассматривали как вспомогательную дисциплину, включающую порайонные сведения справочного характера, полезные для разных специалистов. Однако главная культурная ценность географии состоит в том, что она формирует мировоззрение, целостное представление о территориальной среде жизнедеятельности в процессе школьного и университетского образования, овладения системой географических знаний и умений их компетентного применения [1]. Описательный, наблюдательный характер географического познания земного единства природы и общества и даже его художественное изображение в литературных текстах, на картинах и картах заставляют относить географию к общественным и гуманитарным наукам [2].

Гуманитарные дисциплины не в состоянии соревноваться с естественными по точности отображения действительности, не способны строго обосновывать свои теории и подтверждать гипотезы. Внедрение в исследование Земли инструментальных средств, использование вычислительной техники, математики, статистики, информатики, дистанционного зондирования существенно обогатило методический арсенал. Вместе с тем это незначительно повлияло на сущность географии как науки, не изменило ее методологические основы [1]. Огромные накопленные массивы пространственно-временных данных

необходимо еще оригинально обработать, извлечь из них новые знания, построить математические модели и теоретические схемы. В противном случае можно «утонуть» в потоке количественной информации, оставаясь на эмпирическом уровне познания, который по сути мало чем отличается от описательного подхода, и тогда география как наука не сможет удовлетворять важным требованиям точного, доказательного научного познания.

Отличие естественных наук от гуманитарных, фундаментальных от прикладных, точных от описательных, чистого знания от конкретного, географии от негеографических подходов кажется достаточно условным. География граничит со множеством других дисциплин, синтезирует специальное и отраслевое знание на междисциплинарной основе, дублирует направления исследований почти всех наук и по этой причине содержательно «расплывается» во все стороны. Необходимо выделить четкие границы предмета географических исследований, дать строгие определения понятий, рассчитать точные значения географических характеристик, подробно, в полном объеме изучить, достоверно логически обосновать и статистически проверить наблюдаемые в природе и обществе территориальные закономерности. Речь должна идти о своеобразной географической точности, существенной стороной которой становится обязательный учет всех особенностей окружающей среды проявления измеряемых величин и их связей [3, 4]. Решению этих задач посвящена эта статья, развивающая идеи единства общего, статистического и математического подходов [5], особенно в области натурных исследований и моделирования в географии и смежных науках.

Основные понятия

В науковедении выделяется особая группа точных наук (exact sciences), которые, как правило, противопоставляются общественным и гуманитарным наукам. К точным прежде всего относятся математика и естественные науки, использующие математику как средство познания для количественного выражения (измерения) результатов воспроизводимых наблюдений и экспериментов, статистического анализа данных и проверки гипотез на основании строгих логических рассуждений алгоритмического типа. В их число включены физика, химия, биология и, безусловно, технические науки, требующие расчета высокого соответствия работы деталей машин и механизмов. Точные методы исследования постепенно входят в каждую науку по мере совершенствования приборов измерения, развития теоретического фундамента специальных знаний и применения новых математических идей обработки данных.

В этом контексте география как точная наука изучает все то, что можно точно измерить на Земле и корректно (математически строго) описать и обосновать. С развитием науки и техники она становится все более точной и подробной. Основными методами географии являются наблюдение, измерение, картографирование и моделирование. Измерение используется для инструментального определения географических координат и относительной высоты местоположения, размеров территориальных объектов, количественных характеристик их компонентных свойств. Практическое измерение геометрических размеров, расстояний и размещения участков территорий различного масштаба проводится с давних времен с достаточной точностью.

Географические измерения имеют свои особенности, выраженные в полноте и комплексности отражения свойств территории различными количественными показателями [3, 4]. Географическая точность пространственных данных обеспечивается через разнообразие измеряемых физических показателей [6], в частности, с использованием метода комплексной ординации [6, 7] – одновременного наблюдения разными специалистами за состоянием и измерения географических характеристик геосистем разных местоположений с целью выяснения взаимосвязей между компонентами природной среды. В итоге накапливается массовый материал пространственно-координированных данных, для обработки которых необходимы адекватные математические модели и методы.

Простым примером таких моделей является общего вида формула В.В. Докучаева [8]: почва есть функция факторов почвообразования. Ф.Н. Мильков [9, с. 87] предложил разработать и использовать универсальную формулу ландшафта. А.А. Григорьев [10] полагал, что географическую среду можно изобразить в виде формул, если в сравнимых единицах выразить значения всех взаимоотношений факторов и условий. Он давно стремился превратить физическую географию из науки описательной в науку, построенную на точных закономерностях, и тем самым приблизить ее к точным наукам [11]. Считается, что потенциал развития современного ландшафтоведения может быть успешно реализован при опоре на физико-математическое знание, обеспечивающее достоверность результатов [12].

В экономической географии точность исследований зависит от использования достоверных источников статистических данных, что обеспечивается методической строгостью их сбора и обработки, обоснованностью полученных на их основе выводов благодаря применению математических методов. При сравнении территорий преимущественно сопоставляются одномасштабные объекты, процессы и явления, используются их существенные географические характеристики, обязательно принимаются во внимание объективные условия существования и развития сравниваемых объектов: природная среда, обеспеченность производства ресурсами, уровень социально-экономического развития региона и др. С самого начала для повышения точности каждого конкретного исследования необходимо четко сформулировать решаемую проблему, определить цель, задачи, принципы и средства изучения территории по алгоритму системного анализа, требующему на каждом этапе высокой точности отбора лучших вариантов решений. Основным этапом анализа является конструирование расчетной модели под задачу, поэтому для эффективного применения методов математического моделирования необходимо совершенствование системы географических показателей, что потребовало улучшения информационного обеспечения через измерение, накопление и картографическое представление пространственно-распределенных социально-экономических систем, повышения достоверности и полноты получаемых при этом данных, их защиты от искажений [13]. Подлинный прогресс географической науки, в частности, обусловлен внедрением количественных моделей и методов, обеспечивающих повышение точности и совершенствования характера объяснений действия природных и общественных законов, которые теперь уже в состоянии дать географы [14].

Социальную и экономическую географию часто относят к гуманитарным наукам, что базируются на иных способах познания, нежели науки естественные и точные, в частности, на герменевтическом методе, который, как считают, не поддается физико-математической интерпретации и формализован быть не может [15]. Между тем доказывается обратное: существует географическая герменевтика [16], удачно использующая формализмы дифференциальной геометрии, которые позволяют уточнить предмет географических исследований и предоставить новые модели и методы осознанной обработки пространственных и временных данных.

Предлагается в общем и прикладном плане со ссылками на примеры из прежних публикаций рассмотреть географию как реально и потенциально точную науку в различных вариантах проявления критериев точности знаний с использованием новой фрактальной схемы классификации знаний и определения места в ней географии [5, 17].

Измерительная точность

Наука становится количественно точной с началом применения в ней корректных методов измерения параметров исследуемых объектов. Разработки в области географических измерений и оценок становятся одними из важнейших в современной географии, однако специальных, обобщающих работ в отечественной литературе по этой теме почти нет [3].

Решая эту проблему, будем исходить из традиционной формы записи результатов измерений:

$$F(x) = f(y) + F(x_0), \quad (1)$$

где $F(x)$ – измеренные, $f(y)$ – измеряемые величины объектов (детерминированная составляющая, чистое знание); $F(x_0)$ – ошибка измерения, отклонение (аномалия) результата измерения $F(x)$ от истинного значения $f(y)$ характеристики объекта $F(x_0) = F(x) - f(y)$. Величина $F(x_0)$ зависит от приборной точности измерения и варьирования условий измерения – цены деления шкалы и величины сопутствующих погрешностей. Факт изменчивости обычно фиксируется выражением $F(x) = f(y) \pm F(x_0)$, где $f(y)$ – средняя величина, математическое ожидание; $F(x_0)$ – амплитуда среднеквадратического или иного отклонения случайной величины $F(x)$ относительно $f(y)$. При $F(x_0) = 0$ достигается абсолютная точность измерения $F(x) = f(y)$, когда величина $f(y)$ становится известна с пренебрежимо малой погрешностью. Понятно, чем меньше погрешность, тем выше точность.

Формируя системную парадигму в географии, В.Б. Соचाва отмечал [18, с. 396], что при построении апостериорных, эмпирико-статистических моделей, воспроизводящих непосредственно наблюдаемые явления $F(x)$, необходимо учитывать все варианты пространственной изменчивости геосистем, рассматриваемой как помехи или шумовой фон $F(x_0)$ при выделении географических закономерностей $f(y)$, возникающих как результат взаимодействия геосистемы $f(y)$ и ее среды $F(x_0)$.

Различаются прямые и косвенные измерения. В метрологии прямое измерение – это измерение, при котором искомое значение x физической величины y получают непосредственно, например, по шкале жидкостного термометра: $x = F(x)$, $y = f(y)$, $x_0 = F(x_0)$, когда $x = y + x_0$, где x_0 – ошибка, а в иной интерпретации – норма прямого измерения, в частности, средняя величина типа климатической стандартной нормы – значений метеорологических элементов, полученных из многолетних рядов наблюдений на территории. Величина $y = x - x_0$ – центрированное значение, отклонение (невязка) от нормы, опорной точки измерения, нуля отсчета.

Косвенное измерение – определение искомого значения $F(x)$ величины $f(y)$ на основании результатов $x = \{x_i\}$ прямых измерений других физических величин $y = \{y_i\}$, функционально связанных $f(y)$ с искомой величиной. Требуется знать вид естественных $f(y)$ и инструментальных $F(x)$ функциональных зависимостей и их параметров $F(x_0)$, по которым проводится перерасчет набора значений $x = \{x_i\}$. Метрология основана на приборном измерении прежде всего физических величин и предполагает знание физических или иных природных и экономических законов.

Косвенные измерения используются в квалиметрии – экспертной и количественной оценке $F(x)$ качества объектов по измеренным характеристикам x их свойств, в частности, через расчет интегральных (сводных, агрегированных) показателей $F(x)$ качества. Здесь необходимо заранее знать формулу $F(x)$ свертки информации. В простом варианте это средневзвешенные линейные и нелинейные функции типа линейной регрессии или среднеквадратического отклонения. В частности, используется метод главных компонент для свертки массивов информации в систему независимых координат [19], несущих основные сведения об изменчивости признаков и позволяющих восстановить исходные данные и геоизображения с любой точностью. Известно, что ландшафтные характеристики параметрически зависят от высоты местоположения, поэтому относительную высоту рельефа следует считать комплексным фактором, идентифицирующим сходство коренных и факторально-измененных геосистем, что подтверждается связью высоты со значениями первого главного компонента, рассчитываемого для точности по множеству признаков [20].

Достоверность результатов измерения и расчетов повышается при проведении серии повторных наблюдений и экспериментов в воспроизводимых условиях со статистической обработкой рядов полученных данных. Сравнительно-географические исследования, как правило, напротив проводятся по маршруту следования однократно в местах с различными

ми условиями с измерением набора связанных показателей текущего состояния компонентов геосистем с получением нестатистических рядов для вычисления относительных величин. Результаты приводятся к сопоставимому виду посредством проведения мета-анализа накопленных данных [21]. Географический мета-анализ объединяет результаты исследований разных территориальных объектов методами логического, математического и статистического исследований для обоснования и проверки научных гипотез, выявления чистого знания $f(y)$, инвариантного средовым условиям $F(x_0)$ наблюдения. Мета-аналитические обобщения основаны на нестатистическом подходе сравнительно-географических исследований с переходом от исходных неоднородных наборов данных к однородным данным, допускающим стандартную статистическую обработку [21]. Базовым предположением нестатистического подхода является утверждение, что границы ошибок наблюдения $F(x_0)$ переменных и невязок точной зависимости $f(y)$ являются известными постоянными [22].

Соотношение (1) является также выражением общей модели информационных потоков и связей [23], где на вход поступают фоновые $F(x_0)$ средовые параметры x_0 , которые с учетом характеристик внутреннего состояния системы y преобразуются по правилам $f(y)$ в выходную результирующую функцию $F(x)$: правила преобразуют среду $F(x_0)$, а среда меняет правила $F(x)$ – якобы хаотический шум расшифровывается и превращается в полезную информацию, добавленное знание $f(y)$. Такая модель имеет общее основание в дифференциальной геометрии, формируется по строгой схеме расслоения на многообразиях связей $F(x)$ переменных x , что придает географическим и иным знаниям исключительную точность выражения их смыслов.

Познавательная точность

Общенаучная проблема достижения научной точности выражает эпистемологический аспект полноты и строгости отражения в полученных знаниях реального мира. Сюда относится корректное использование понятий и терминов в текстах, размерности показателей и знаков-символов в формулах, выяснение соответствия теоретических расчетов – имеющимся данным, построенных моделей – объекту исследования, разработанных планов – возможности их реализации в создавшихся обстоятельствах. Измерение рассматривается как частный процесс обеспечения эквивалентности через наблюдения и эксперименты, порождающие элементарное знание (объективные данные), которые необходимо обработать и теоретически осмыслить на более высоком абстрактном уровне. Валидацией моделей считается проверка их точности и надежности путем сравнения с реальными наблюдениями и тестирование моделей на различных сценариях. Эти процессы в широком смысле называются интерпретацией и включают формальную трактовку данных и содержательное толкование формул, а также объяснение и логический вывод одних знаний на основе других. Такими методами географ должен владеть, как и любой ученый, что обеспечивает возможность существования доказательной географии. В ее основе находится исходная информация тестирования и первичные мнения экспертов, а на вершине – систематические обзоры научных достижений и мета-анализ, т.е. совокупность процедур объединения средствами системного анализа и статистики результатов исследований в различающихся условиях для обоснования и проверки научных гипотез [21]. Одним из направлений доказательной географии становится ландшафтно-интерпретационное картографирование [24], где аналитические выводы с адекватной переклассификацией легенды делаются на основе ландшафтной карты, объединяющей разные представления о средовой неоднородности территории, в частности, при решении задач ландшафтного планирования [25].

В методологии науки есть самостоятельная проблема тонкой настройки познавательного процесса, в ходе которого параметры-коэффициенты теоретической модели должны

быть скорректированы очень точно, чтобы модель максимально соответствовала наблюдаемым данным. Проблема состоит в том, что отсутствует объяснение, почему законы, константы и граничные условия имеют конкретные выражения, при которых существует этот мир и возможна живая материя на нашей планете [26]. Другое, противоположное по смыслу, эвристическое правило, согласно которому параметры не должны быть точно настроены, называется естественностью. Здесь полагается, что параметры моделей, подобно статистическим величинам, являются суммой $x=x_0+y$ двух значений: неизвестного оцениваемого значения x_0 и значения y , учитывающего вклад элементов внешней и внутренней среды (поправок). Раскрытие содержания y определяет направление новых исследований, что в географии связано с изучением трансформации географической среды – перехода y от точной зональной настройки x_0 к локальной естественности x значений параметров. Существование разнообразных форм земной жизни действительно определяется границами действия законов, точности констант и изменчивости условий.

Своеобразие географических исследований зависит от их положения в структуре научного познания на сетевой карте знаний или в иерархии включения в системы знаний, расположенных выше по познавательной мощности, чем география. Для ее понимания как точной науки необходимо показать, как она со всем ее разнообразным содержанием включается в круг системной методологии и математических методов моделирования.

Предлагается [5, 21] фрактальная схема (рис. 1а) организации разнообразия научных знаний в виде трехсекторного ориентированного графа разных уровней обобщения знаний: инвариантов-констант, исходных данных, обобщенных понятий, структурных моделей (орбитальный уровень С) и системных теорий разных предметных областей (уровень В), метатеорий (уровень А) и метанауки-математики (уровень О). В схеме реализуется фрактальное самоподобие графа, тождество его частей разного положения и масштаба.

На этой схеме выделяются уровни (горизонты, орбиты) и секторы познания типа координатной сети в полярной проекции земного шара [5] (рис. 1б). Деление происходит по секторам и уровням относительно центра математического полюса, ядра теоретического знания (понятия, модели, интертеории, метатеории) и эмпирической периферии (данные, метаданные): чем дальше от центра, тем конкретнее становится информация, выше географическая точность измерения состояния окружающей среды.

Центральное положение математики подразумевает, что любое знание радиальным $O \leftrightarrow A_1 \leftrightarrow B_{12} \leftrightarrow C_{121}$ переносом можно описать, объяснить и понять с использованием мате-

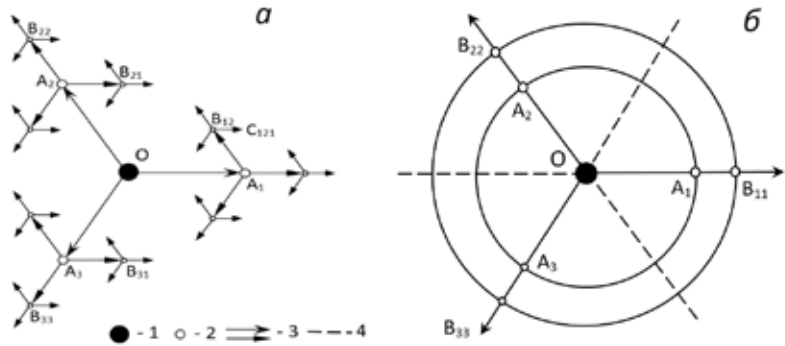


Рис. 1. Граф-схема (а) и соответствующая орбитальная модель (б) организации знаний: 1 – математический центр (О); 2 – производные позиции (А, В, С); 3 – направления вывода и координаты разного уровня; 4 – границы секторов дифференциации знаний (пояснения в тексте)

Fig. 1. Graph-diagram (а) and the corresponding orbital model (б) of knowledge organization: 1 – mathematical center (O); 2 – derived positions (A, B, C); 3 – directions of logical conclusion and coordinates of different levels; 4 – boundaries of knowledge differentiation sectors (explanations in the text)

математических структур: постоянных и переменных величин, функций, уравнений, функционалов, операторов и т.д. [17], а также независимых координат, групп, множеств, графов – абстрактных структур неколичественного свойства. Для достоверности математического анализа необходимо правильно сопоставить решаемую задачу позиции в иерархии знаний и корректно использовать предлагаемые на соответствующем уровне средства исследования и моделирования.

Метатеоретический уровень А представлен тремя секторами эмпирико-статистического A_1 , системно-концептуального A_2 и математического A_3 герменевтического анализа, направленного на понимание информации об объекте с учетом среды его формирования и обстоятельств научного изучения. Это деление напоминает три способа задания функции – зависимости единственного значения $F(x)$ от набора значений $x = \{x_i\}$ независимых переменных: табличный, графический и аналитический способы. Обработка табличных данных позволяет правильно объяснять смысл формул, скорректировать по графикам их коэффициенты. Графическое представление A_2 включает не только графики, но и различные структурные схемы-концептуальные модели: координатные пространства, коммутативные и иные диаграммы, простые и ориентированные графы, чертежи, карты – различные штриховые иллюстрации к научному тексту. В географии этот секторальный уровень A_2 представлен философией географической науки, общей географией, метагеографией, или теоретической географией – научной областью абстрактных исследований территориальной организации географических явлений, оперирующей идеальными объектами (материк, система расселения, культурный ландшафт), что отображаются не только в географическом пространстве, но и в пространстве разнокачественных координат: признаковым, факторном, векторном, функциональном и др. [27]. Используются картоиды – карты идеальных пространств типа схемы поляризованного ландшафта [28]. Концептуальные схемы дополняются количественной информацией (размеченные графы) и описываются математическими формулами, идентификация которых по данным дает расчетные уравнения. Этот пример иллюстрирует дополнительность независимых секторов и сочетанный синтез их метазнаний на А-орбите.

На уровне В находится множество интертеорий чистого знания (без учета особенностей геосреды), в единых понятиях описывающих системы разного рода сквозным образом, т.е. все объекты природы, хозяйства и населения, что характерно для географии [29], отображаются одинаковыми научными средствами. В пределах секторов метазнаний выделяются и попарно сочетаются эмпирические, концептуальные и математические интертеории, в терминах которых создаются типовые и конкретные модели изучаемых объектов. Интертеории отождествляются между собой через интерпретацию (замену) специальных системных понятий в их аксиомах. Этот познавательный процесс достаточно хорошо изучен и применяется на практике для индукции новых теорий и обоснования вида концептуальных, эмпирических и математических моделей [5, 30]. Наличие сквозных по описательным средствам теорий обеспечивает возможность существования географии как точной науки, наподобие физики.

Точность в смысле постоянства размера и цены деления шкалы измерительных приборов рассматривается в качестве фундаментального свойства – инварианта идеального соответствия в метрологической интертеории [4]. Он соотносится (эквивалентен) через интерпретацию понятий с инвариантами других интертеорий, что не изменяются, сохраняются и обязательно учитываются в качестве ограничений. В связи с этим выявление разных форм совершенства геосистем, инвариантов их существования является в теоретическом плане признаком точности и предметной определенности географических исследований.

Каждая системная интертеория представляет данные $x = \{x_i\}$ в пространстве $X = \{X_i\}$ независимых координат X_i , соответствующих ее базовым понятиям, имеющим аналогичные представления в других интертеориях. Точное размещение (ординация) исходных данных в этих координатных пространствах определяет степень достоверности результатов их

последующего системного анализа по моделям. Важное значение имеет верное задание самой системы независимых координат $X=\{X_i\}$, отражающей соотношение определяемого X_i и определяющего $x_i \in X$, например, шкалы термометра X_i и его конкретное показание температуры x_i [5]. Для всякой интертеории нужна своя математика, точнее собственная геометрия соответствующего пространства.

Сочетание интертеории с определенной координатой (категорией качества) дает специальную теорию. Так, географические исследования в первую очередь связаны с пространственными координатами размещения, поэтому хронологический подход определяет специфику географии в целом в пространственном координатном срезе каждой интертеории. Дополнительный учет в исследованиях физических характеристик формирует физическую географию, экономических показателей – экономическую географию и т.д. В итоге географическая точность обеспечивается многоаспектностью научных подходов к изучению природы, хозяйства и населения территории, в связи с чем продолжающаяся естественная диверсификация географической науки делает ее более полной и точной. Комплексный подход, синтетическая роль географии по отношению к смежным дисциплинам позволяют говорить о становлении своего рода «географической формы точности» в научных исследованиях [31, с. 206].

Фиксируется необходимость множества теоретических оснований для познания объекта, разных базовых понятий и аксиом для объяснения связей геохарактеристик и их изменений с различных точек зрения. Есть возможность интерпретировать территориальные объекты с физико-математических позиций, рассматривая физику процессов с интертеоретической точки зрения как общую теорию механизмов регулирования в природе и обществе [32]. Можно равноправно применять интертеорию сложных систем-комплексов и интертеорию динамических систем. В последней в единых терминах и уравнениях описываются потоки речных вод и селевые потоки, восстановление лесных массивов, преобразование древесного сырья на производственных линиях, логистическое распределение произведенных продуктов, рыночное движение товаров, транспортное перемещение трудового населения, его профессиональный рост и популяционное старение. Математические уравнения интертеории динамических процессов позволяют это делать однотипным образом.

Математическая точность

Большинство ученых-теоретиков мечтают о том, чтобы их наука однажды стала столь же точной, как физика и математика. В. Бунге [29] считал географию точной наукой, пытался реализовать это свойство в теоретической географии, в которой должны быть взаимосвязаны простота, универсальность и точность изложения системных знаний об уникальных объектах разных местоположений; точность он понимал как максимальную конкретизацию задачи. Это позволяло бы развивать географию как строгую математическую науку, позволяющую получать неожиданные результаты. Точность и однозначность вычислений и выводов является неперенным атрибутом применения математического анализа, поэтому использование математических средств обработки данных и логичного изложения результатов исследований объективно необходимо для любой науки для совершенствования ее методов изучения жизни природы и общества. Науки различаются по степени математизации своих исследований, обоснованного приложения математических моделей и методов. Эти методы более точны по сравнению с описательными, используют формализованную систему понятий, выдвигают строгие требования к статистической проверке достоверности гипотез и созданию теоретических конструкций.

В географии такие методы нашли широкое применение в геодезии и картографии, прогнозировании погоды, при моделировании экономико-географических процессов и явлений [33]. В географических исследованиях все больше используются формальные средства системного анализа, оптимального управления, теории групп, теории множеств, топологии, проективной и дифференциальной геометрий и др. Интересен и весьма полезен аксиоматический подход к организации научной теории. Необходимо точно знать,

как правильно и со смыслом применять богатый арсенал математических знаний. Есть потребность в математическом аппарате, адекватном сложности географических явлений. Однако одно только знание географом основ математики без опыта приложения этих знаний не приводит к новому научному результату. В то же время, математик обязан понимать отличительное своеобразие объекта и предмета географических исследований. С этим связана проблематика имитационного моделирования с привнесением в модель собственных формальных представлений ученого о структурах и функциях изучаемой системы, что снижает адекватность построенных моделей и точность производимых по ним расчетов. По этой причине имитационные модели, основанные на неточных гипотезах, субъективны и нацелены на решение строго определенного круга задач [34]. Закономерен переход от такого рода моделирования к теоретическому обоснованию моделей систем разного рода, представлению территориальных объектов как полисистем [30].

В географии математические методы применяются на всех стадиях исследования, но чаще всего при статистической обработке исходной информации и выявлении эмпирических зависимостей. Вместе с тем, по мнению Д.Л. Арманда [35], методы статистики не раскрывают никаких истин, ничего не говорят о причинах взаимосвязей. Требуется пойти дальше простого использования этих методов, которые по правилам науки должны следовать за математическим анализом абстрактных моделей истинного содержания, что предполагает высокий уровень теоретизации географии с применением формального языка математики.

Межсекторальное взаимодействие $A_1 \leftrightarrow A_2 \leftrightarrow A_1$ на уровне A (см. рис. 1) предполагает существование географии как географической герменевтики в форме математической, цифровой географии, что позволит обеспечить доказательность на том же уровне, как это сейчас возможно в чисто математических работах. Такие возможности открывает герменевтическая методология расслоения – исследования по частям, строго выраженные в терминах теории множеств и дифференциальной геометрии, обеспечивающих наглядность формальным представлением о территориальных объектах в виде графических схем и карт.

Расслоение $s=(X, \delta, B)$ – это отображение δ множества X на множество B : $\delta: X \rightarrow B$. Пространство X называется множеством (пространством, объектом) расслоения, а B – базой расслоения, состоящей из набора элементов $b_j \in B$ этой базы. Обратное отображение $\sigma: B \rightarrow X$ сечет пространство X , превращая его в расслоенное пространство $Y=\{Y_j\}$ непересекающихся слоев Y_j . Последнее качество наглядно прослеживается при расслоениях пространства X на базе гладких многообразий M (рельефных поверхностях), точки которых $x_0=\{x_{0i}\}$ в координатах $x_{0i} \in X_j \subset X$ пространства X соотносятся с базой расслоения M . В варианте касательного расслоения $\delta: X \rightarrow M$ слоями $Y_j \subset X$ являются плоскости или векторы, касательные к точке x_{0i} . Такая ситуация моделируется при «покрытии» плоскими картами модели земной сферы, когда каждая карта касается сферы только в одной точке, или при выделении на территории разного типа геосистем (геомеров) в различных местоположениях. На ландшафтно-типологических картах таксономические слои Y_i расслоенного признакового пространства $Y=\{Y_j\} \subset X$ представлены непересекающимися контурами геомеров. Также можно представить расслоение модели земной сферы на множество параллелей по точкам линии нулевого меридиана (базы M) или всех меридианов – по точкам экватора.

Поверхность M многообразия описывается дифференцируемой функцией $F(x)$, $x \in X$ многих переменных $x=\{x_i\}$, характеризующей связи элементов. Предполагается, что системная функция $F(x)$ различается для систем различного рода, для которых по-разному понимаются элементы и их связи. С помощью $F(x)$, описывающей поверхность многообразия M , появляется возможность решать аналитические задачи формальными средствами дифференциальной геометрии.

Касательное преобразование Лежандра $F(x) \rightarrow F^*(a)$ послойно переводит в окрестности значения $x_0=\{x_{0i}\}$ непрерывную функцию $F(x)$ в зависимость $F^*(a)$ вида:

$$F(x) = a \cdot x + F^*(a) = \sum_{i=1}^n a_i x_i + F^*(a), a_i = \frac{\partial F(x)}{\partial x_i}, x_i = -\frac{\partial F^*(a)}{\partial a_i}. \quad (2)$$

В случае

$$F^*(a) = -\sum_{i=1}^n a_i x_{0i} + F(x_0) \quad (3)$$

появляется билинейная функция $f(y) = F(x) - F(x_0)$ относительных переменных $y = \{y_i\}$, $y_i = x_i - x_{0i}$ и $a = \{a_i\}$ [17]:

$$f(y) = a \cdot y = \sum_{i=1}^n a_i y_i = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial y_i} y_i, a_i = \frac{\partial f}{\partial y_i}, f(y) = F(x) - F(x_0). \quad (4)$$

Здесь $a = \{a_i\}$ – набор (вектор) двойственных к вектору $x = \{x_j\}$ переменных; $a \cdot x$ – скалярное произведение векторов a и x . Переменные a_i имеют смысл чувствительности изменения функции $F(x)$ при изменении переменных x_j на единицу. Универсальная функция $f(y)$ (точное знание) описывает варьирование состояния отдельного слоя в локальных координатах $y = \{y_i\}$ и везде для каждой системы выглядит одинаково, но по-разному ориентирована, что обеспечивает ее преобразование – поворот внутри слоя и перенос между слоями (см. рис. 16). Это позволяет сравнивать зависимости, сводить их к одному виду, проводить мета-анализ результатов исследования, повышая достоверность статистических выводов [21].

Абстрактные формулы (2)–(4) своеобразно интерпретируются в термодинамике – феноменологической науке, разделе физики, изучающем наиболее общие свойства макроскопических систем и способы передачи и превращения энергии в таких системах. Они состоят из большого количества частиц, и состояния систем описываются экстенсивными $x = \{x_j\}$ (внутренняя энергия, объем, энтропия, количество частиц и концентрация компонентов) и интенсивными $a = \{a_i\}$ (абсолютная температура, давление) потенциалами. Потенциалы x являются аддитивными характеристиками макросистем, т.е. рассчитываются как сумма показателей их частей. Для описания систем используются функции состояния $F(x)$ типа термодинамических потенциалов (внутренняя и свободная энергия, энтальпия), задаваемых уравнениями вида (2)–(4). Подобные величины и функции представлены в различных областях знаний, и макроскопический подход широко распространен в науке и прослеживается в географии. К показателям x , например, относится площадь территории, национальное богатство, валовой региональный продукт, ресурсный и производственный потенциалы, объемы производства и продаж, численность населения страны по административным единицам; к показателям a – цена ресурсов, акселераторы промышленного роста по отраслям, предельный продукт и предельное потребление. Формула $f(y)$ соответствует квалитетической функции типа производственной функции Кобба-Дугласа зависимости объемов от факторов y производства: труда и капитала. Переменные a_j – здесь предельные производительности капитала и труда. Разные однородные производственные функции $f(y)$ являются частными решениями уравнения Эйлера вида (4).

С помощью соотношений (2)–(4) появляется возможность дать более расширенную трактовку формулы (1) для результатов измерений: всякое знание $F(x) = f(y) + F(x_0)$ представляет собой чистое знание $f(y)$, исправленное (дополненное) обстоятельствами наблюдения $F(x_0)$, превращающими универсальные законы $f(y)$ в частные закономерности $F(x)$. Величины x_0 и $F(x_0)$ имеют смысл фоновых условий и среды взаимодействия элементов конкретной системы – части (слоя) проявления системы $F(x)$ в целом. Это метаправило географической науки определяет ее предмет исследования [17]. В физике, особенно в квантовой, обоснованно пренебрегают константами фазового смещения, используют законы в чистом виде. Физической географии необходимо обязательно учитывать неоднородность земной среды, что отображается на ландшафтных картах. В этом смысле физическая география оказывается более точной наукой, чем физика, поскольку должна принимать во внимание все обстоятельства действия законов. Географическое «нечистое»

знание через средовую интерпретацию делает фундаментальные законы приближенными к реальности. Аналогичный, парагеографический подход применяется в других науках. Так, при описании физических полей для обеспечения инвариантности проявления законов физической теории относительно координатных преобразований пространства вводится представление о калибровочных полях – своеобразном космическом ландшафте [36], когда в теоретическом описании законы природы не меняются, а трансформируется их физическая среда. Формулы (1) – (4) учитывают это качество и предлагают новые методы математического анализа геоанных.

Геоинварианты и математические константы

Инвариант – это то, что сохраняется при разного рода преобразованиях, внутренне свойственно всем системам определенного типа, например, зональные свойства геосистем, которые присутствуют во всех геосистемах природной зоны, но в наибольшей степени проявляются на равнинных территориях. К инвариантам знаний относятся базовые понятия и законы-аксиомы теории, включая закон сохранения фундаментальных качеств и величин наподобие истины суждений или постоянства величин (констант). На метатеоретическом уровне (см. рис. 1) по указанным трем секторам среди используемых данных выделяются концептуальные, физические и математические константы и функции. В первом случае речь идет о семантических множителях (примитивах, элементах смысла) – базовых априорных понятиях. На картах и системных диаграммах – это точки (вершины, узлы, центры, значки), соединяющие их линии и стрелки, контуры (полигоны, блоки схем, выноски). Их множество наделено топологической структурой – схемой (сетью) организации элементарных изображений и знаков с прямыми и обратными связями.

Физические константы, как правило, имеют размерность и содержательный смысл, в частности, скорость света, одинаковая во всех системах отсчета. Они определяются опытным путем. Безразмерные универсальные математические константы генерируются в результате решения уравнений и с любой, но не бесконечной, точностью рассчитываются по специальным формулам. Один из критериев точности – наличие в статистических расчетах универсальных констант, инвариантов значений и знаний. Они вычисляются путем решения так называемой обратной задачи моделирования. В географии при использовании данных разной размерности их предлагается центрировать и нормировать, а также при необходимости логарифмировать, чтобы привести к однородному безразмерному виду с линейной зависимостью, что в сравнимых единицах выражает связи факторов и условий.

Особое место в точных науках занимают безразмерные иррациональные постоянные числа, появляющиеся как эмпирические значения или в виде констант уравнений связи переменных. К ним относятся константы Архимеда $\pi=3.14\dots$, Непера $e=2.718\dots$, число Эйлера, Пифагора $\sqrt{2} = 1.414\dots$, число Фидия $\phi = 1.618\dots$ золотого сечения, критическая константа Жирмунского $e^e=15.154\dots$ и др. Эти величины могут быть математически рассчитаны с любой практически необходимой точностью после запятой. Однако особенно интересны те случаи, когда константы могут быть извлечены из эмпирических данных, например, из соотношения $\pi=L/D$ измеренных длины окружности L к диаметру D круга.

Продemonстрируем появление универсальных констант на примере решения и применения дифференциальных уравнений первого и второго порядков для функции $R(t)$ времени t и иных параметров изменения:

$$a) \frac{dR}{dt} = aR(t), \quad б) \frac{d^2R}{dt^2} = -\omega^2 R(t). \quad (5)$$

Эти соотношения являются аналогами уравнения (4) при $y=R(t)$, $f(y)=dR/dt$ или $f(y)=d^2R/dt^2$ и $a=a$ или $a=-\omega^2$. При постоянном темпе роста $a>0$ уравнение (5a) описывает процесс увеличения численности популяции $dR/dt>0$ в отсутствие сдерживающих факторов

(модель Т. Мальтуса), а при $\alpha < 0$ – ее вымирания. Решение находится при начальной численности $R_0 = R(t_0)$, для чего обе стороны равенства (5а) делятся на $R(t)dt \neq 0$ ($dR/dR(t) = \alpha dt$) и интегрируются: $\ln R(t) = \alpha t + C$, где $C = \ln R_0 - \alpha t_0$, т.е. $\ln[R(t)/R_0] = \alpha(t - t_0)$ и $R(t) = R_0 \exp(\alpha(t - t_0))$. Здесь $\ln[R(t)/R_0] = \alpha(t - t_0)$ – безразмерная относительная величина численности, что линейно зависит от времени θ , нормированном $\theta = (t - t_0)/\tau$ по величине характерного времени $\tau = 1/\alpha$. После потенцирования из чисто математических соображений появляется константа Непера e в экспоненциальной функции $\exp(\alpha t) = e^{\alpha t}$. По временным рядам эмпирических данных $R(t)$ рассчитывается значение константы по формуле $e = R_0/R(t)$ для момента $t - t_0 = \tau$, когда $\theta = 1$.

При $R(t) = W_N - W(t)$ выводится уравнение Г.Ф. Хильми [37], описывающее при $\alpha < 0$ изменение запасов лесных ресурсов $W(t)$ (кбм/га), представленных в таблицах хода роста насаждений, относительно предельного запаса W_N , что зависит от условий географической среды (бонитета N): $dW(t)/dt = -\alpha(W_N - W(t))$. Коэффициент темпов роста оказался одинаков $\alpha \approx -0.0124/\text{год}$ ($t_0 \approx 22.89$; $\tau \approx 85.6$ лет) для всех бонитетов Ia , $I-V$ сосновых лесов. Значение $e = R_0/R(t) \approx 2.719$ на момент $t_0 + \tau \approx 100$ лет для лесонасаждений Ia близко к стандарту $e = 2.718$. Для всех бонитетов в среднем $R_0/R(t) \approx 2,64 \pm 0.102$ с вариацией 3.8 %, что отражает точность модели, которая снижается с ухудшением условий среды объектов наблюдений. В очень плохой среде закономерность не проявляется, константы не выделяются и сосновые леса не встречаются.

Для приведения уравнений к универсальной форме (4) данные по запасам $W(t)$ древостоев центрированы по максимальным значениям и нормированы по запасу на момент $t_0 = 20$ лет, что позволяет свести в полулогарифмической шкале закономерности роста $W(t)$ к единой метааналитической линейной зависимости, повысив точность оценки взаимосвязи переменных: $\ln[R_0/R(t)] = 0.0124(t - 22.9)$ с корреляцией 0.999 (рис. 2). Это соотношение через типовую функцию-инвариант $\ln[R_0/R(t)]$ демонстрирует связность частных закономерностей, сформировавшихся в разнородной геосреде.

Экспоненциальное соотношение $R(t)/R_0 = e^e = 15.154$ при $\theta = e$ достаточно часто встречается в природных и экспериментальных данных и отражает закономерности формирования временных и пространственных ритмов, а также структуру природных систем различных уровней иерархии [38]. Здесь отношения между значениями аргументов и функций, соответствующих началу R_0 и концу $R(t)$ – критическим уровням – стабильного аллометрического роста и развития, является величиной постоянной, в идеальном случае равной e^e . В основе объяснения этой закономерности лежит уравнение экспоненциального роста (5а) с запаздывающим аргументом и связанная с ним степенная (аллометрическая) кусочнонепрерывная функция взаимосвязи характеристик систем со скачкообразным изменением коэффициентов на критических рубежах. В концепции критических уровней [38] разные процессы в пространствах показателей представлены последовательностью фаз роста и перестройки, после которой начинается качественно новый цикл развития (см.

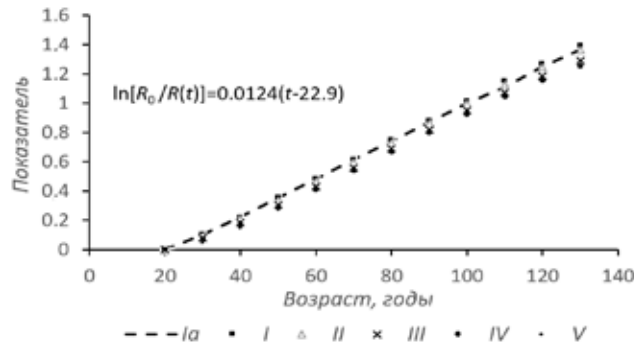


Рис. 2. Изменение с возрастом центрированного, нормированного и логарифмированного показателя $\ln[R_0/R(t)]$ запасов $W(t)$ сосновых лесонасаждений разных бонитетов Ia , $I-V$

Fig. 2. Age-related change in the centered, normalized, and logarithmic index $\ln[R_0/R(t)]$ of stocks $W(t)$ of pine forests for different site indexes Ia , $I-V$

рис. 1а) до достижения предельного состояния и т. д. В экономике это выражается в последовательной смене разных технологических укладов организации хозяйства и жизни общества [39], что важно для понимания сущности устойчивого развития [40].

Другая модель – колебательного процесса – передается уравнением (56). Оно описывает отклонение $R(t)$ состояния системы от нормального состояния $R=0$ – точки отсчета. Величина $\omega=2\pi/T$ – угловая частота колебания с периодом T включает в качестве коэффициента пропорциональности число $\pi=\omega T/2$. Общее решение (56) $R(t)=\exp(\pm i\omega t)=\cos(\omega t)\pm i\sin(\omega t)$ – комплексная переменная, где $i=\sqrt{-1}$ – мнимая единица, еще одно из фундаментальных чисел, которые увязаны тождеством Эйлера $e^{i\pi}+1=0$. Частное решение зависит от величины начального отклонения $R(0)$ и стартовой скорости $dR/dt = V(0)$, определяющих амплитуду колебаний $R(t)=[V(0)/\omega]\sin(\omega t) + R(0)\cos(\omega t)$.

Давно Архимедом эмпирически доказано, что на плоской поверхности отношение длины окружности L к диаметру D круга равно $\pi=L/D$. Отклонение от этой величины указывает на искажение круговой поверхности, на не соответствие идеальным, абстрактным формам. Так, отношение длины окружности Земли по экватору 40075 км к среднему диаметру планеты 12756 км равно 3.1416, т.е. отличается от π всего на 0.0021 %.

Для обеспечения соответствия действительности в абстрактные математические соотношения вводятся поправки, учитывающие своеобразие форм объектов.

Так, геометрические свойства элементов ландшафтной мозаики формируются под влиянием геологических и климатических факторов и отражают своеобразие территории. Для оценки деформации контуров предложены меры их удлиненности типа показателя эллиптичности $K=\pi D^2/4S$ – отношения площади круга, построенного на диаметре D контура, к его площади S [41]. Географическая точность зависит от умения принимать во внимание имеющиеся искажения и связывать их с факторным воздействием.

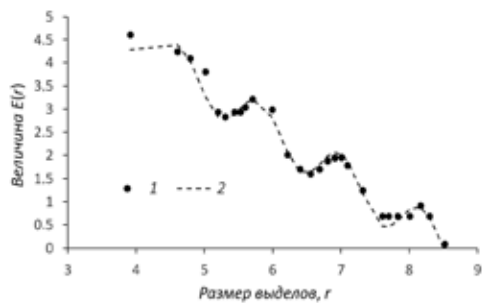


Рис. 3. Величина $E(r)=-\ln P^*(r)$ вероятности $P^*(r)$ встречаемости выделов размером большим $r=\ln D/D_0$: 1 – исходные данные [42], 2 – кривая, рассчитанная по уравнению (6)

Fig. 3. The value $E(r)=-\ln P^*(r)$ of the occurrence probability $P^*(r)$ of contours larger than $r=\ln D/D_0$: 1 – the initial data [42], 2 – the curve calculated according to equation (6)

В работах Б.В. Виноградова [42] эмпирически показано, что вероятность $P^*(r)$ появления на местности ландшафтных контуров с линейным размером больше D м хорошо описывается уравнением мультимодального распределения в логарифмических переменных (рис. 3):

$$E(r) = -\ln P^*(r) = 0.73 - 0.985r + 0.482 \cos 5.307r, \quad r = x - x_0 = \ln D/D_0, \quad x = \ln D, \quad x_0 = \ln D_0, \quad (6)$$

где D_0 – минимальный размер выделов. По результатам статистического анализа рядов данных [42] получается $\omega=5.307$. Соотношение смежных значений D максимумов мультимодальной кривой $E(r)$ равно примерно $\pi \approx 3.27$ (ошибка 4.08 %), т.е. период $T=\ln 3.27=1.186$ в единицах r , откуда $\pi=\omega T/2 \approx 3.147$ (0.17 %). Подобную же закономерность в соотношении положений максимумов D_N группы полимодального распределения размеров D живых организмов пелагиали Мирового океана отмечал Л.Л.Численко [43], когда модальные значения D_N увеличиваются в геометрической прогрессии $D_N=D_0\pi^N$, где N – номер размерной группы. Варианты такого распределения размеров с отклонениями параметров от константы π выделены по результатам многих наблюдений. В частности, в прикурильских водах Тихого океана обнаружена параметрически устойчивая полимодальная структура распределения особей нектона по натуральным логарифмам массы тела [44]. Эта закономерность

с параметром $T \approx 2$ инвариантна для разных способов разбиения исходного фактического материала (по сезонам, по географической широте, по времени суток). Количественные отклонения от π объясняются своеобразием размерных показателей, содержательной интерпретации и обработки данных, характера частотного распределения случайных величин, выбранных регионов исследования и стадий развития (совершенства) сообществ. По требованиям тонкой настройки с ориентацией на математические константы должны быть определены естественные интервалы изменчивости коэффициентов, которые корректируются по месту и времени, чтобы модель идеально соответствовала данным.

М.А. Садовский [45] сформировал концепцию блочно-иерархической структуры геологических сред, согласно которой земная кора делится на отдельные части разного размера. Размеры отдельных частей сгруппированы дискретно и соотносятся друг с другом на широком диапазоне размеров (более 15 порядков) с коэффициентом $\pi \approx 3.5 \pm 0.9$. Подобным же образом кривая распределения стран по размерам имеет слабовыраженный мульти-модальный характер с шагом между экстремумами $\pi \approx 3.16$, который близок к отношению преимущественных размеров блоков земной коры [46]. Недавно теоретически и на примере высотного распределения геомов показано, что эволюционные преобразования геомов происходят дискретно с шагом величиной π [27]. Безразмерный и сквозной характер этого расчетного значения обеспечивается логарифмическим преобразованием наблюдаемых показателей.

Иррациональное число золотого сечения $\varphi = 0.618\dots$ характеризует пропорцию соотношения части и целого β : $\varphi/\beta = (\beta - \varphi)/\varphi$. Отсюда при $\beta = 1$ значения $\varphi_1 = 0.618$ и $\varphi_2 = 1.618 = 1 + \varphi_1 = 1/\varphi_1$ являются решением уравнения $\varphi^2 + \beta\varphi = \beta^2$. Его можно рассматривать в качестве характеристического соотношения для дифференциального уравнения (ДУ), являющегося линейной комбинацией формул (5): $d^2R/dt^2 + \beta dR/dt = \beta^2 R(t)$, где β – размерная константа. Соотношения типа $\varphi^2 + \beta\varphi = \beta^2$ появляются, если находить общее решение линейного ДУ в виде $R(t) = e^{\beta \varphi t}$. Корни φ_1 и φ_2 связаны с коэффициентами ДУ, например, для (5) $\beta\varphi_1 = \alpha$ и $\beta\varphi_{1,2} = \pm \omega i$. Общее решение ДУ находится в виде $R(t) = C_1 \exp(\varphi_1 t) + C_2 \exp(\varphi_2 t)$, что при $C_1 > 0$, $C_2 > 0$ и $\beta > 0$ с коэффициентами φ_1 и φ_2 золотого сечения отражает устойчивый рост, эволюционное отклонение от положения равновесия $R(t) = 0$.

Значения золотого сечения проявляются в соотношении последовательности чисел Фибоначчи, в частности, описывающих экспоненциальный рост популяции с запаздыванием и структурой с фрактальными свойствами самоподобия. Они широко используются в науке и искусстве [47]. Их пытаются найти в гармонично устроенных географических явлениях, красиво и оптимально использующих пространство – в росте деревьев, ветвлении рек и транспортных путей. Обращается внимание на то, что многие административные центры города России расположены близко ($54,60 \pm 1.96^\circ$) к широте $55.62^\circ = 90^\circ \cdot \varphi = 90^\circ \cdot 0.618$.

М.А. Марутаев [47] выявил сквозные закономерности проявления числа $\chi = \sqrt{2} \approx 1.414$ и обратного ему числа $\lambda \approx 0.707$ в музыкальных рядах и произведениях, в таблице химических элементов и последовательности планет – в микро- и макромире, естественной и гуманитарной сферах. Он связал их с другими пропорциями, где участвуют иные универсальные константы. В данном случае целое делится не на две, а на несколько частей, которые соотносятся определенным образом посредством константы $\chi = 1/\lambda$. Например, доля площади Мирового океана в общей поверхности Земли составляет $\lambda \approx 0.708$. Примерно также соотносятся соседние по размерам площади континентов $\lambda \approx 0.687 \pm 0.125$ и другие свойства геосистем [30].

Предложен фундаментальный канонический ряд соотношения размеров геологических блоков D_N разных масштабных уровней N , связанных с величиной ядра Земли D_0 [48]: $D_N = D_0(\sqrt{2})^{-N}$, где значение $a = \sqrt{2}$ используется в качестве модуля масштабного фактора для расчета N-зон – толщины оболочки мелкомасштабной дезинтеграции и времени формирования зон. Для объяснения появления иерархически-блочных структур предложено использовать континуальную неевклидову модель сплошной геосреды, валидация которой проводилась по результатам измерений радиальных смещений вокруг

подземных выработок на больших глубинах рудника «Николаевский» в Дальнегорском районе Приморского края [49].

Даже при недостаточной точности решения обратных задач с вычислением универсальных констант и зависимостей по причине несовершенства самих систем и методов их изучения наличие геоинвариантов указывает на возможность существования фундаментальных законов связи измеренных показателей, целевых пропорций развития, направлений движения к цели.

Выводы

Точность географической науки проявляется в разных аспектах: определения понятий, измерения и вычисления значений. Точность вычисления относительна; даже в математике невозможно достигнуть абсолютной точности в численных расчетах иррациональных величин, поэтому расчеты проводятся с допустимой погрешностью, приемлемой для решения поставленных научно-технических задач. Географическая точность и наглядность возрастает при одновременном использовании средств общесистемного, эмпирического и математического анализа, а также множества интертеорий, однотипно описывающих естественные и гуманитарные качества. По этой причине в рамках каждой интертеории проблема географической точности в ее расширенном трехсекторном понимании должна решаться так же, как в смежных физических, химических, биологических и других науках, точность экспериментальных исследований которых общепризнана.

Ясно прослеживается взаимосвязь дискретных апостериорных соотношений с непрерывными аналитическими априорными моделями, с помощью которых пытаются объяснить явления пространственной дезинтеграции. Это одна из форм дедуктивной интерпретации понятий геосистемных интертеорий, поскольку выявленные эмпирические обобщения можно формально отобразить разными научными средствами, например, термодинамики, и должны быть установлены интерпретационные переходы из одной объясняющей системы знаний в другую с иными числовыми и функциональными инвариантами. При этом требуется «тонкая настройка» коэффициентов моделей с определением естественных интервалов их изменчивости, в которых исследуемые объекты могут существовать.

Географическая среда (изменчивый средовый фон) привносит искажения в измерения. Для обеспечения точности расчетов необходимо исключить ее влияние, разными способами перевести исходные данные в безразмерные относительные величины. В то же время, для привязки к местности при вычислениях требуется в формулах учесть условия и обстоятельства действия законов интертеорий. В этом состоит своеобразие географической точности, которая в таком смысле точнее других наук, ее знание конкретней и многообразней, практически полезней в задачах территориального управления. С этим связано распространенное заимствование идей ландшафтного мышления в иных системах знаний, и напротив, необходимость привлечения в географию разработок из других дисциплин, в частности, дифференциальной геометрии и физической теории калибровочных и квантовых полей.

Специфика географических исследований определяется их предметным положением в иерархии научных знаний на метатеоретическом уровне и позволяет переводить общие представления в статистические связи количественных показателей и математическую форму. Предполагается наличие достаточно точно измеренных данных, совершенного терминологического аппарата и методов создания графоаналитических моделей связи понятий для перехода к математическому моделированию. Установленные связи эмпирических данных в инвариантной форме универсальных уравнений и констант становятся показателями истинности научных результатов в дополнение к полноте и красоте географического описания, картографического изображения и теоретического выражения знаний.

Применение математических методов не способно заменить традиционные географические исследования, которые могут быть успешными лишь в сочетании с другими методами. Однако центральное положение математики в системе наук открывает новые перспективы осознанного превращения географии в настоящее точное знание со своей спецификацией и ориентацией на местную геосреду.

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190056-4).

Acknowledgments. The study was carried out at the expense of the state task (state registration number АААА-А21-121012190056-4).

Литература

1. Котляков В.М. География как важнейшая наука об окружающей среде // *Экология и жизнь*. 2012. № 1. С. 36–42.
2. Хаггетт П. География: синтез современных знаний. М.: Прогресс, 1979. 684 с.
3. Бакланов П.Я. Географические измерения: виды, шкалы, параметры // *Украинский географический журнал*. 2013. № 2. С. 17–22.
4. Черкашин А.К. Географическая точность и особенности метрологического моделирования геопространственных данных // *Український метрологічний журнал*. 2014. № 2. С. 7–15.
5. Черкашин А.К. География, философия и математика: тождество противоположностей в системе научных знаний // *Тихоокеанская география*. 2024. № 3. С. 5–22.
6. Сочава В.Б., Михеев В.С., Ряшин В.А. Опыт количественной оценки природных режимов географических фаций // *Доклады Ин-та географии Сибири и Д. Востока*. Иркутск, 1965. Вып. 8. С. 3–21.
7. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география: Избранные труды. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.
8. Докучаев В.В. Русский чернозем: Избр. соч. Т. 1. М.: Изд-во сельхоз. лит., 1948. 480 с.
9. Методика ландшафтных исследований / Ред. А.Г. Исаченко и В. С. Преображенский. Л.: Геогр. о-во СССР. Комиссия ландшафтных исследований. Институт географии АН СССР, 1971. 152 с.
10. Григорьев А.А. Задачи комплексного исследования территорий // *Природа*. 1926. № 5–6. С. 43–58.
11. Григорьев А.А. Опыт аналитической характеристики состава и строения физико-географической оболочки земного шара. Л.; М.: Географо-экономический научно-исследовательский институт Ленинградского гос. ун-та, 1937. 68 с.
12. Дьяконов К.Н. Базовые концепции ландшафтоведения и их развитие // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2005. № 1. С. 4–12.
13. Шакирова Ю.А., Панасюк М.В. Методы исследования территориальных социально-экономических систем. Казань: Казан. федеральный ун-т, 2020. 113 с.
14. Roger M. *The Changing Nature of Geography*. Routledge, 2014. 168 p.
15. Тютюнник Ю.Г. Возможности и пределы физико-математических интерпретаций в ландшафтоведении // *Изв. РГО*. 2019. Т. 151, вып. 6. С. 94–103.
16. Черкашин А.К. Географическая герменевтика: понятия, модели и методы исследования // *Географический вестник*. 2024. № 4 (71). С. 183–194.
17. Черкашин А.К. Предмет географических исследований: метатеоретический подход // *Известия РГО*. 2022. Т. 154, № 2. С. 1–19.
18. Сочава В.Б. Системная парадигма в географии // *Известия РГО*. 1973. Т. 105, № 5. С. 393–401.
19. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. М.: Изд-во Московского университета, 1997. 403 с.
20. Фролов А.А., Черкашин А.К. Высотный градиент как комплексный фактор формирования микроразнообразия ландшафтов и серийности геосистем // *География и природные ресурсы*. 2012. № 1. С. 14–24.
21. Черкашин А.К. Особенности географического мета-анализа // *Географический вестник*. 2021. № 2 (57). С. 6–21.
22. Оскорбин Н.М., Жилин С.И., Дронов С.В. Сравнение статистической и нестатистической оценок параметров эмпирической зависимости // *Известия Алтайского государственного университета*. 1998. № 4. С. 38–41.
23. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 312 с.
24. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Ред. А.К. Черкашин, Новосибирск: Наука, 2005. 424 с.
25. Экологически ориентированное землепользование в Байкальском регионе / Ред. А.К. Черкашин. Иркутск: Институт географии СО РАН, 2002. 149 с.
26. Friederich S. Fine-Tuning // *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/fine-tuning/> (дата обращения: 19.04.2024).

27. Черкашин А.К., Фролов А.А. Дискретный анализ пространственно-временной изменчивости геосистем Байкальской Сибири // Известия РГО. 2024. Т. 154, № 2. С. 213–233.
28. Родоман Б.Б. Поляризованный ландшафт // Социально-экономическая география: понятия и термины. Словарь-справочник / Ред. А.П. Горкин. Смоленск: Ойкумена, 2013. С. 178–179.
29. Бунге В. Теоретическая география. М.: Прогресс, 1967. 280 с.
30. Черкашин А.К. Полисистемный анализ и синтез. Приложение в географии. Новосибирск: Наука, 1997. 502 с.
31. Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 233 с.
32. Черкашин А.К., Лесных С.И. Поведенческая география как направление теоретических исследований и моделирования // Географический вестник. 2023. № 4 (67). С. 6–26.
33. Fujita M., Krugman P., Venables A. The spatial economy: cities, regions, and international trade. Cambridge, MA: MIT Press, 1999. 367 p.
34. Тарко А.М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 2005. 231 с.
35. Арманд Д.Л. Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. М.: Наука, 1983. 240 с.
36. Сасскинд Л. Космический ландшафт. Теория струн и иллюзия разумного замысла Вселенной. СПб.: Питер, 2015. 448 с.
37. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. Л.: Наука, 1966. 300 с.
38. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в развитии природных систем. Л.: Наука, 1990. 223 с.
39. Глазьев С.Ю. Открытие закономерности смены технологических укладов в ЦЭМИ АН СССР // Экономика и математические методы. Т. 54, № 3. С. 17–30.
40. Черкашин А.К. Математические модели проявления устойчивого развития территорий // География и природные ресурсы. 2025. № 1. С. 38–52.
41. Викторов А.С. Рисунок ландшафта: анализ геометрических свойств ландшафта и его практическое применение. М.: Ленанд, 2020. 184 с.
42. Vinogradov B.V. Aerospace monitoring of ecosystem dynamics and ecological prognoses // Photogrammetria. 1988. Vol. 43, N 1. P. 1–16.
43. Численко Л.Л. Структура фауны и флоры в связи с размерами организмов. М.: Изд-во МГУ, 1981. 208 с.
44. Суханов В.В., Иванов О.А. О полимодальном распределении курильского эпипелагического нектона по массе тела особей // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. 2001. Т. 128. С. 390–408.
45. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Подobie в геофизике // Природа. 1991. № 1. С. 13–23.
46. Суханов С.И. О возможном влиянии блочности земной коры на особенности распределения социальных территорий по размерам // Докл. АН СССР. 1988. Т. 303, № 5. С. 1093–1109.
47. Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П. Золотое сечение: три взгляда на природу гармонии. М.: Стройиздат, 1990. 343 с.
48. Курленя М.В., Опарин В.Н. О масштабном факторе явления зональной дезинтеграции горных пород и канонических рядах атомно-ионных радиусов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1996. № 2. С. 35–40.
49. Гузев М.А., Одинцев В.Н., Макаров В.В. Принципы построения континуальной модели иерархически-блочной геосреды // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2021. Т. 8, № 1. С. 42–52.

References

1. Kotlyakov, V.M. Geography as the most important environmental science. *Ecology and life*. 2012, 1, 36-42. (In Russian)
2. Haggett, P. Geography: synthesis of modern knowledge. Progress: Moscow, Russia. 1979; 684 p. (In Russian)
3. Baklanov, P.Ya. Geographical measurements: types, scales, parameters. *Ukrainian Geographical Journal*. 2013, 2, 17-22. (In Russian)
4. Cherkashin, A.K. Geographical accuracy and features of metrological modeling of geospatial data. *Ukrainian Metrological Journal*. 2014, 2, 7-15. (In Russian)
5. Cherkashin, A.K. Geography, philosophy and mathematics: the identity of opposites in the system of scientific knowledge. *Pacific Geography*. 2024, 3, 5-22. (In Russian)
6. Sochava, V.B.; Mikheev, V.S.; Ryashin, V.A. Experience of quantitative assessment of natural regimes of geographical facies. *Reports of the Institute of Geography of Siberia and the Far East*. Irkutsk. Russia. 1965, Issue 8, 3-21. (In Russian)
7. Sochava, V.B. Theoretical and applied geography: Selected works. Nauka: Novosibirsk. Russia. 2005; 288 p. (In Russian)
8. Dokuchaev, V.V. Russian chernozem / Selected works Vol. 1. Publishing house of agricultural literature: Moscow. Russia. 1948; 480 p. (In Russian)

9. Methodology of landscape research / Ed. by A. G. Isachenko and V. S. Preobrazhensky, The Landscape Research Commission. Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences, Geographical Institute of the USSR: Leningrad. Russia. 1971; 152 p. (In Russian)
10. Grigoriev, A.A. The tasks of a comprehensive study of territories. *Nature*. 1926, 5-6, columns 43-58. (In Russian)
11. Grigoriev, A.A. Experience of analytical characterization of the composition and structure of the physical and geographical shell of the globe. Geographical and Economic Research Institute of Leningrad State University: Leningrad-Moscow. Russia. 1937; 68 p. (In Russian)
12. Dyakonov, K.N. Basic concepts of landscape science and their development. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*. 2005, 1, 4-12. (In Russian)
13. Shakirova, Yu.A.; Panasyuk M.V. Research methods of territorial socio-economic systems. Kazan Federal University: Kazan. Russia. 2020, 113 p. (In Russian)
14. Roger, M. The Changing Nature of Geography. Routledge, 2014. 168 p.
15. Tyutyunnik, Yu.G. Possibilities and limits of physical and mathematical interpretations in landscape science. *News of the Russian Geographical Society*. 2019, 151 (6), 94-103. (In Russian)
16. Cherkashin, A.K. Geographical hermeneutics: concepts, models and research methods. *Geographical bulletin*. 2024, 71(4), 183-194. (In Russian)
17. Cherkashin, A.K. The subject of geographical research: a metatheoretical approach. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2022, 154 (2), 1-19. (In Russian)
18. Sochava, V.B. System paradigm in geography. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 1973, 105(5), 393-401. (In Russian)
19. Tikunov, V.S. Modeling in cartography. Publishing House of the Moscow University: Moscow. Russia. 1997; 403 p. (In Russian)
20. Frolov, A.A.; Cherkashin, A.K. Altitude gradient as a complex factor in the formation of microzonal landscapes and serial geosystems. *Geography and natural resources*. 2012, 1, 14-24. (In Russian)
21. Cherkashin, A.K. Features of geographical meta-analysis. *Geographical Bulletin*. 2021, 57(2), 6-21. (In Russian)
22. Obrabin, N.M.; Zhilin, S.I.; Dronov, S.V. Comparison of statistical and non-statistical estimates of empirical dependence parameters. *Izvestiya of Altai State University*. 1998, 4, 38-41. (In Russian)
23. Mesarovich, M.; Takahara, Ya. General theory of systems: mathematical foundations. Mir: Moscow. Russia. 1978; 312 p. (In Russian)
24. Landscape and interpretive mapping / Ed. by A.K.Cherkashin, Nauka: Novosibirsk. 2005; 424 p. (In Russian)
25. Ecologically oriented land use in the Baikal region / Ed. by A.K.Cherkashin. Institute of Geography SB RAS: Irkutsk. 2002; 149 p. (In Russian)
26. Friederich, S. Fine-Tuning / The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2023 Edition), Edward N. Zalta & Uri Nodelman (eds.). Available online: <https://plato.stanford.edu/archives/win2023/entries/fine-tuning/>. (accessed on 19 April 2024).
27. Cherkashin, A.K.; Frolov, A.A. Discrete analysis of spatial and temporal variability of geosystems of Baikal Siberia. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2024, 154(2), 213-233. (In Russian)
28. Rodoman, B.B. Polarized landscape. Socio-economic geography: concepts and terms. Dictionary-reference book. Ed. by A.P. Gorkin. Oikumena: Smolensk, Russia. 2013, 178-179. (In Russian)
29. Bunge, W. Theoretical geography. Progress: Moscow, Russia. 1967, 280 p. (In Russian).
30. Cherkashin, A.K. Polysystem analysis and synthesis. An application in geography. Nauka: Novosibirsk. Russia. 1997; 502 p. (In Russian)
31. Krauklis, A.A. Problems of experimental landscape science. Nauka: Novosibirsk, Russia, 1979; 233 p. (In Russian)
32. Cherkashin, A.K.; Lesnykh, S.I. Behavioral geography as a field of theoretical research and modeling. *Geographical bulletin*. 2023, 67(4), 6-26. (In Russian)
33. Fujita, M.; Krugman, P.; Venables, A. The spatial economy: cities, regions, and international trade. Cambridge, MA: MIT Press, 1999; 367 p.
34. Tarko, A.M. Anthropogenic changes in global biospheric processes. Mathematical modeling. Fizmatlit: Moscow. Russia. 2005; 231 p. (In Russian)
35. Armand, D.L. Geographical environment and rational use of natural resources. Nauka: Moscow. Russia, 1983; 240 p. (In Russian)
36. Susskind, L. The cosmic landscape. String theory and the illusion of a rational design of the Universe. Peter: St. Petersburg. Russia. 2015; 448 p. (In Russian)
37. Hilmi, G.F. Fundamentals of biosphere physics. Nauka: Leningrad. Russia. 1966; 300 p. (In Russian)
38. Zhirmunsky, A.V.; Kuzmin, V.I. Critical levels in the development of natural systems. Nauka: Leningrad, Russia. 1990; 223 p. (In Russian)
39. Glazyev, S.Y. Discovery of the pattern of technological change in the CEMI of the USSR Academy of Sciences. *Economics and Mathematical methods*. 2018, 54(3), 17-30. (In Russian)
40. Cherkashin, A.K. Mathematical models of the manifestation of sustainable development of territories. *Geography and natural resources*. 2025, 1, 38-52. (In Russian)

41. Viktorov, A.S. Landscape drawing: analysis of geometric properties of the landscape and its practical application. Lenand: Moscow. Russia. 2020; 184 p. (In Russian)
42. Vinogradov, B.V. Aerospace monitoring of ecosystem dynamics and ecological prognoses. *Photogrammetria*. 1988, 43(1), 1-16.
43. Chislenko, L.L. The structure of fauna and flora in relation to the size of organisms. Publishing House of Moscow State University: Moscow. Russia. 1981; 208 p. (In Russian)
44. Sukhanov, V.V.; Ivanov, O.A. On the polymodal distribution of the Kuril epipelagic necton by body weight of individuals. In *Proceedings of the Pacific Scientific Research Fisheries Center*. 2001, Vol. 128, 390-408. (In Russian)
45. Sadvovsky, M.A.; Pisarenko, V.F. Similarity in geophysics. *Nature*. 1991, 1, 13-23. (In Russian)
46. Sukhonos, S.I. On the possible influence of the blockiness of the Earth's crust on the distribution of social territories by size. *Reports of the USSR Academy of Sciences*. 1988, 303(5), 1093-1109. (In Russian)
47. Shevelev, I.Sh.; Marutaev, M.A.; Shmelev, I.P. The Golden section: three views on the nature of harmony. Stroyizdat: Moscow. Russia. 1990; 343 p. (In Russian)
48. Kurlenya, M.V.; Oparin, V.N. On the large-scale factor of the phenomenon of zonal disintegration of rocks and canonical series of atomic-ion radii. *Physico-technical problems of mining*. 1996, 2, 35-40. (In Russian)
49. Guzev, M. A.; Odintsovo, V. N.; Makarov, V. V. Principles of constructing a continuum model of a hierarchical-block geomedia. *Fundamental and applied issues of Mining Sciences*. 2021, 8(1), 42-52. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 19.06.2025; одобрена после рецензирования 1.08.2025; принята к публикации 12.08.2025.

The article was submitted 19.06.2025; approved after reviewing 1.08.2025; accepted for publication 12.08.2025.





Смертность населения Еврейской автономной области от причин, обусловленных алкоголем в период экономических кризисов 2015–2022 гг.

Анна Борисовна СУХОВЕЕВА

кандидат географических наук, старший научный сотрудник

anna-sukhoveeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4724-0995>

ИКАРП ДВО РАН, Биробиджан, Россия

Аннотация. Уровень потребления алкогольных напитков населением как в России в целом, так и в Еврейской автономной области продолжает оставаться высоким. Социально-экономические реформы, изменения политико-правового фундамента общества значительно влияют на алкоголизацию населения. В России распространен «северный тип» употребления алкоголя, выражающийся в распитии крепкого алкоголя в больших количествах до сильного опьянения, что приводит к острым проблемам в организме, возникающим при однократном употреблении больших доз и хроническим проблемам, обусловленным длительным злоупотреблением алкоголя. Целью исследования является анализ динамики и структуры причин смерти, обусловленных алкоголем у населения Еврейской автономной области в период экономических реформ 2015–2022 гг., для разработки адекватных мер по ее профилактике. Показано, что максимальные показатели мужской смертности, обусловленной алкоголем, приходится на возраст 50–54 года. Максимальная смертность отмечается именно у сельских мужчин, с повышением потерь в 1.1–1.6 раза в следующей возрастной когорте. Определено, что показатели смертности женского населения ниже в 2–6 раз аналогичных значений для мужчин, с максимальным количеством в возрастной когорте 65–69 лет. Установлено, что женская смертность фиксируется в более ранних возрастах (25–29 лет), как правило, по причине случайного отравления алкоголем. Выявлена высокая положительная зависимость между фактором экономического достатка и смертностью от алкогольных отравлений у населения ЕАО. Анализ динамики уровней безработицы и фактического брачно-семейного статуса не позволил установить статистически значимого их влияния на потери населения от случайных отравлений алкоголем. Установлено, что пандемия COVID-19 с рецессией и значительными экономическими последствиями для населения привела к некоторому росту алкогольной смертности в регионе, особенно во время второй ее волны в 2021–2022 гг., по причине новых социально-экономических проблем у населения, связанных со снижением уровня жизни, локдауном и повсеместным введением строгих карантинных мер.

Ключевые слова: алкоголь, причины смерти, структура смерти, сельская местность, городская местность, Еврейская автономная область

Для цитирования: Суховеева А.Б. Смертность населения Еврейской автономной области от причин, обусловленных алкоголем в период экономических кризисов 2015–2022 гг. // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 25–37. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_2.

Mortality of the population of the Jewish Autonomous Region from alcohol-related causes during the economic crises of 2015–2022

Anna B. SUKHOVEEVA

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate

anna-sukhoveeva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4724-0995>

ICARP FEB RAS, Birobidzhan, Russian Federation

Abstract. Alcohol consumption remains high in Russia overall, and in the Jewish Autonomous Region specifically. Socio-economic reforms, changes in the political and legal foundations of society significantly affect alcoholism among of the population. The «northern type» of alcohol consumption is widespread in Russia, characterized by drinking large quantities of strong alcohol until severe intoxication. That leads to acute health problems arising from a single use of large doses and chronic problems caused by prolonged alcohol abuse. The aim of the study is to analyze the dynamics and structure of alcohol-related causes of deaths in the population of the Jewish autonomous region during the economic reforms of 2015–2022 in order to develop adequate prevention measures. It is shown that the maximum rates of male mortality due to alcohol occur at the age of 50–54 years. The maximum contribution to the overall mortality of the male population is made by the mortality of rural men, with an increase in losses of 1.1–1.6 times in the next age cohort. It was determined that the mortality rates of the female population are 2–6 times lower than those of men, with the maximum number in the age cohort of 65–69 years. Female mortality was found to occur at earlier ages (25–29 years), usually due to accidental alcohol poisoning. A strong positive correlation has been revealed between the factor of economic prosperity and mortality from alcohol poisoning in the population. An analysis of the dynamics of unemployment rates and the actual marital status did not allow us to define a statistically significant impact on population losses from accidental alcohol poisoning. It was found that the COVID-19 pandemic with recession and significant economic consequences for the population has led to a slight increase in alcohol-related mortality in the region, especially during its second wave in 2021–2022, due to new socio-economic problems among the population associated with a decrease in the standard of living of the population, lockdown and widespread introduction of strict quarantine measures.

Keywords: alcohol, causes of death, death structure, rural areas, urban areas, Jewish Autonomous Region

For citation: Sukhoveeva A.B. Mortality of the population of the Jewish autonomous region from alcohol-related causes during the economic crises of 2015–2022. *Pacific Geography*. 2025(4):25-37. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_2.

Введение

Уровень потребления алкогольных напитков населением как во всем мире, так и в России продолжает оставаться высоким. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), потребление алкоголя является причиной более чем 100 заболеваний и травм, а также одним из основных факторов риска для здоровья. Согласно оценкам ВОЗ, в «предпандемийном» 2019 г. в общей структуре смертности, обусловленной употреблением алкоголя, 1.6 млн случаев смерти были вызваны неинфекционными заболеваниями, в том числе 474 тыс. случаев – сердечно-сосудистыми, 401 тыс. случаев – онкологическими заболеваниями. Алкоголь вовлечен в 50 % случаев насильственной смертности – 724 тыс. чел. погибли от травм, в том числе вызванных дорожно-транспортными происшествиями, самоповреждением и межличностным насилием [1].

Многочисленными российскими и зарубежными исследованиями подтверждается, что социально-экономические реформы, глобальные изменения социально-экономического, политико-правового фундамента общества, как общемирового, так и российского, значительно влияют на алкоголизацию населения [2–4]. Одной из серьезных научных работ в РФ является исследование А.В. Немцова «Алкогольная ситуация в России», в которой было доказано, что за годы социально-экономических реформ произошло увеличение всех показателей алкоголизации: увеличение смертности от цирроза печени, отравления алкоголем, рост заболеваемости алкогольными психозами, а Россия вышла на первое место в мире по душевому потреблению алкоголя (14.5 л) [5].

В монографии Д.А. Халтуриной, А.В. Коротаева в качестве основного обстоятельства высокой смертности в России указываются причины, являющиеся первостепенным результатом социально-экономических преобразований конца XX–начала XXI в.: падение уровня и качества жизни после распада Советского Союза; экономические кризисы; низкий уровень медицины; неблагоприятная экологическая ситуация; неудовлетворенность жизнью и т.д. [6].

В современной России злоупотребление алкогольной продукцией приводит к преждевременной смерти людей, внося существенный вклад в уровень общей смертности при высоком уровне депопуляции, а также является одной из основных причин социальной деградации. Не менее 12 % смертей в стране связаны с чрезмерным употреблением алкоголя. Данная проблема подвергается рассмотрению на федеральном уровне, проводятся различные мероприятия по предупреждению последствий злоупотребления алкоголем с точки зрения общественного здравоохранения [7]. В связи с масштабом социально-демографических и экономических последствий алкоголизм назван Президентом РФ В.В. Путиным одной из угроз национальной безопасности в сфере здравоохранения и здоровья нации [8]. В «Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года» от 6 июня 2019 г. подчеркивается высокий уровень потребления алкоголя в РФ [9].

В России распространен «северный тип» употребления алкоголя. Он выражается в распитии крепкого алкоголя в больших количествах до сильного опьянения (человек пьет до отключения сознания) [10]. Алкоголь при этом вызывает как острые проблемы, возникающие при однократном употреблении больших доз (острые алкогольные отравления, транспортный травматизм, преступность), так и хронические, обусловленные длительным его злоупотреблением (цирроз печени, алкогольная кардиомиопатия, панкреатит) [11]. Кроме того, крепкий алкоголь влияет на высокую смертность мужчин и вызывает значительный разрыв между ожидаемой продолжительностью жизни (ОПЖ) женщин и мужчин. По данным Росстата, в России в 2022 г. мужская смертность от причин, обусловленных алкоголем, составила 34.4 тыс. чел. (47.7 на 100 тыс. нас.), женская смертность – 11 тыс. чел. (13.4 на 100 тыс. нас.), при общей заболеваемости населения с впервые в жизни установленным диагнозом алкоголизма и алкогольного психоза 46.1 на 100 тыс. чел. (более 180 тыс. чел) [12–15].

Важно подчеркнуть, что по законодательству РФ медицинская помощь пациентам оказывается только при добровольном обращении лиц, зависимых от алкоголя. Поэтому зарегистрированное количество пациентов с зависимостью от алкоголя, по экспертным оценкам, в 10–15 раз ниже истинного числа зависимых. Таким образом, реальное количество больных алкоголизмом в РФ может составлять более 2.7 млн чел. [16]. Особое опасение вызывает то, что около 33 % мужчин трудоспособного возраста систематически употребляют алкоголь в опасных для здоровья дозах, а их соматические заболевания связаны с алкогольной интоксикацией [7, 17].

Необходимо отметить, что на лидирующих позициях по количеству летальных случаев, связанных с патологическим пристрастием к этаноловым напиткам, находится Дальневосточный федеральный округ (ДФО). Самые значительные показатели употребления алкогольных напитков в 2022 г. были зафиксированы в северных регионах с высокой

долей коренного населения – Чукотском автономном округе, Магаданской, Сахалинской, Еврейской автономной (ЕАО) областях, Камчатском крае – свыше 10 л этанола на душу населения. В Республике Саха (Якутия) и Хабаровском крае данный показатель фиксировался на уровне 8–10 л. В Амурской области и Приморском крае – от 6–8 л на душу населения. Самые низкие значения по Дальневосточному округу отмечены в Республике Бурятия и Забайкальском крае. В качестве дополнительного доказательства можно привести результаты регионального исследования в Республике Бурятия по анализу причин смертности, обусловленных алкоголем [18]. А.С. Будаевым с соавторами показано, что определенную роль в снижении смертности от алкоголь-ассоциированных причин в Республике Бурятия за 2013–2017 гг. сыграло уменьшение объема потребления абсолютного алкоголя на душу населения: с 4,8 л в 2013 г. до 3,3 л в 2017 г., что в 3.12 раза было меньше среднероссийского уровня (в 2017 г. – 10.3 л). Учитывая, что Забайкальский край и Республика Бурятия, с наименьшими значениями употребления алкоголя среди всех регионов округа, были присоединены к ДФО в 2018 г., можно смело утверждать, что уровень употребления алкоголя на душу населения в ДФО остается неизменно на весьма высоком уровне.

В ЕАО в условиях продолжающейся с 1992 г. депопуляции населения, при низком уровне рождаемости и качестве жизни, употребление алкоголя населением имеет серьезные последствия для здоровья и рассматривается в качестве одного из основных факторов риска смертности. Важно акцентировать, что в последнее десятилетие значительно изменился не только уровень, но и структура потребления алкоголя: крепкие спиртные напитки преобладают над слабоалкогольными, что приводит к заострению связанных с алкоголизмом проблем и алкогольной смертности. Хроническая зависимость от горячительных напитков стремительно ухудшает здоровье пьющих лиц, развивая тяжелые физические недуги и психические расстройства. Впоследствии падает численность работоспособных специалистов, увеличиваются расходы на медицинскую сферу, снижается рождаемость населения, растет преступность.

Сложившаяся ситуация в ЕАО по величине экономико-демографических потерь представляет серьезную угрозу здоровью населения и благополучию региона в целом и приобретает социально-политический статус, связанный с национальной безопасностью.

В этой связи целью исследования является анализ динамики и структуры причин смерти, обусловленных алкоголем у населения ЕАО, с учетом ситуации в городской и сельской местности в период экономических реформ 2015–2022 гг. для разработки адекватных мер по ее профилактике.

Материалы и методы

В качестве материалов исследования использовались данные о заболеваемости и смертности в РФ, ЕАО за 2015–2022 гг., полученные из официальных статистических документов [15, 19–21]. Исследовался временной период 2015–2022 гг. по причине сложившихся изменений в экономико-политической и медико-демографической ситуациях в результате произошедших двух экономических кризисов, затронувших как все регионы России, так и мир в целом. Во-первых, экономического кризиса в России в 2014–2016 гг., который был следствием резкой девальвации российского рубля, начавшейся во второй половине 2014 г. после введения международных экономических санкций против России, ставших более масштабными в 2022 г. Это привело к снижению уверенности в российской экономике у населения [22]. Во-вторых, рецессии и значительных экономических последствий для населения после начавшейся в 2020 г. во всем мире пандемии COVID-19 [23].

Для выявления зависимости между потерями от алкогольной смертности и социально-экономическими показателями ЕАО применялся статистический метод парной корреляции Пирсона.

В работе использовались данные медицинской статистики, собираемые Росстатом по формам С51-С52: показатели смертности по полу, возрасту, причинам смерти в сельской и городской местности. В исследовании были использованы как абсолютные, так относительные показатели, пересчитанные на 100 тыс. нас. соответствующего региона [15, 24, 25]. В форме С51 отдельным пунктом указываются все причины смерти, обусловленные алкоголем с учетом кодов Международной классификации болезней (МКБ-10), в т.ч. следующие: алкогольная кардиомиопатия, алкогольная болезнь печени (алкогольный: цирроз, гепатит, фиброз), случайное отравление (воздействие) алкоголем, синдром зависимости, вызванный употреблением алкоголя (хронический алкоголизм), отравление и воздействие алкоголем с неопределенными намерениями, дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, пагубное употребление алкоголя, острый панкреатит алкогольной этиологии, хронический панкреатит алкогольной этиологии, алкогольные психозы, энцефалопатия, слабоумие, другие и неуточненные психические расстройства поведения, обусловленные употреблением алкоголя, алкогольная полиневропатия, преднамеренное самоотравление и воздействие алкоголем, алкогольный гастрит, острая интоксикация алкоголем, алкогольная миопатия, алкогольный синдром у плода (дизморфия).

Результаты и их обсуждение

Ежегодно статистика по РФ фиксирует около 50 тыс. смертей, непосредственно обусловленных алкоголем, в интервале от 40.1 на 100 тыс. нас. в 2015 г. с незначительными колебаниями к уменьшению до 33.0 на 100 тыс. нас. к 2022 г. (табл. 1). В 2022 г. смертность в результате воздействия алкоголя составила 2.5 % от общей смертности по стране.

Таблица 1
Показатели смертности от всех причин смерти, обусловленных алкоголем за 2015-2022 гг. по РФ и ЕАО
Table 1. Mortality rates from all alcohol-related causes of death for 2015-2022 in the Russian Federation and the JAR

Год	РФ		ЕАО	
	Число умерших, чел.	Коэффициент смертности, на 100 тыс. нас.	Число умерших, чел.	Коэффициент смертности, на 100 тыс. нас.
2015	58688	40.1	64	38.7
2016	56283	38.4	33	20.2
2017	49133	33.5	40	24.8
2018	48786	33.2	30	19.0
2019	47427	32.3	32	20.5
2020	50435	34.4	36	23.4
2021	47393	32.5	57	48.2
2022	48301	33.0	77	52.5

Составлено по данным [14, 15, 23, 24].

В ЕАО ситуация иная – диапазон значений случаев смерти варьировался от 38.7 на 100 тыс. нас. в 2015 г. с дальнейшим снижением к 2018 г. до 19.0 на 100 тыс. нас. Далее произошел рост числа смертей от всех причин, обусловленных алкоголем: к 2020 г. (от уровня минимального значения 2018 г.), по всей видимости, в результате пандемии COVID-19 и введения карантинных мер общая смертность повысилась на 23.1 %, в 2021 г. – на 53.6 %, в 2022 г. – на 76.3 %. Необходимо указать, что пандемия COVID-19 привела к некоторому росту алкогольной смертности в ЕАО, особенно во время второй волны пандемии в 2021–2022 гг. В 2022 г. превышение потерь в ЕАО оказалось в 1.6 раза больше, чем

в целом по РФ. Возникшая в эти годы стрессовая ситуация у населения, обусловленная снижением уровня жизни, переходом на удаленные условия или полной потерей работы, введением карантинных мероприятий с одновременным ожиданием изобретения вакцины от COVID-19, также являются причиной увеличения потребления алкоголя.

Первоочередным проявлением неблагополучия ситуации с алкоголизмом и фактором риска у населения ЕАО за исследуемый период является высокая первичная заболеваемость алкоголизмом, что в дальнейшем приводит к смертности по причинам, непосредственно связанным со злоупотреблением алкоголем. В 2022 г. заболеваемость алкоголизмом и алкогольными психозами в целом по области составляла 110.4 на 100 тыс. нас. при одновременной численности пациентов, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) области с диагнозом «алкоголизм и алкогольные психозы» более 1500 на 100 тыс. нас. (табл. 2). Рост показателя заболеваемости наблюдался в период финансового кризиса 2015–2016 гг. и второй волны пандемии COVID-19 в 2021–2022 гг. Реальное количество больных алкоголизмом и алкогольными психозами намного превышает число находящихся под диспансерным наблюдением как в целом по области, так и в муниципальных образованиях в частности из-за полного отсутствия желания у некоторой части населения осознавать зависимость от алкоголя или несвоевременной обращаемости за медицинской помощью.

Таблица 2

Показатели заболеваемости и численности пациентов с алкоголизмом и алкогольными психозами в ЕАО за 2015–2022 гг., на 100 тыс. нас.

Table 2. Morbidity and number of patients with alcoholism and alcoholic psychosis in the JAR for 2015–2022, per 100 thousand population

Год	Первичная заболеваемость алкоголизмом и алкогольными психозами, на 100 тыс. нас.	Численность пациентов, состоящих на учете в ЛПУ с диагнозом алкоголизм и алкогольные психозы, на 100 тыс. нас.	Рост/убыль показателя заболеваемости алкоголизмом и алкогольными психозами к предыдущему году, %
2015	123.2	1566	99.3 (к 2014 г.)
2016	138.6	1698	112.5
2017	118.9	1694	85.7
2018	87.6	1511	73.6
2019	93.8	1427	107
2020	82.0	1413	87.4
2021	96.6	1459	117.8
2022	110.4	1507	114.2

Составлено по данным [12, 20, 23].

В целом по ЕАО в 2022 г. максимальные показатели смертности мужского населения, обусловленные алкоголем, приходятся на возраст 50–54 года и составляют 238.8 на 100 тыс. нас.; второй пик потерь пришелся на возрастную когорту 60–64 лет – 182.2 на 100 тыс. нас (рис. 1). Следует указать, что ситуация со смертностью мужчин в городской и сельской местностях различается.

Максимальный вклад в общую смертность мужского населения вносит смертность именно сельских мужчин, с повышением потерь в 1.1–1.6 раза в последующей когорте при увеличении возраста. То есть в сельской местности потери происходили на всем возрастном периоде от 30 до 79 лет, при этом наиболее высокие значения смертей зафиксированы в широком возрастном интервале 50–79 лет, т.е. частично в старше-трудоспособном возрасте.

В городской местности наиболее значительные потери от мужской смертности приходятся на трудоспособный возраст в диапазоне 35–54 года. Данная категория населения обладает преимущественно ценными профессиональными навыками и опытом. Их пре-

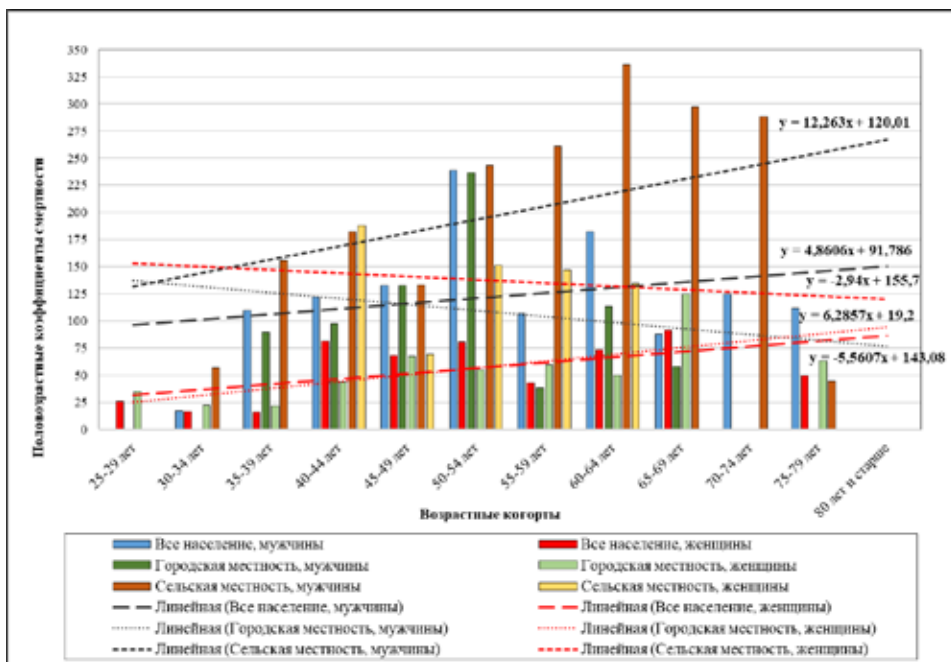


Рис. 1. Половозрастные коэффициенты смертности населения ЕАО в 2022 г. от причин смерти, обусловленных алкоголем, на 100 тыс. нас.

Fig. 1. Sex and age mortality rates of the JAR population from alcohol-related causes of death due to for 2022, per 100 thousand population

ждевременный уход из жизни приносит ущерб семьям, трудовым ресурсам и экономике региона в целом.

В целом по ЕАО показатели смертности женского населения ниже в 2–6 раз аналогичных значений для мужчин, с максимальным количеством в возрастной когорте 65–69 лет – 92.0 на 100 тыс. нас. Женская смертность фиксируется в более ранних возрастах (25–29 лет), как правило по причине случайного отравления алкоголем. Максимальный вклад в значения женской смертности, в отличие от мужской, вносят потери женщин, проживающих в городской местности. То есть тренд женской смертности в городской местности имеет тенденцию к увеличению (от 35.3 на 100 тыс. нас. в когорте 25–29 лет до 124.5 на 100 тыс. нас. в когорте 65–69 лет) и повторяет ситуацию в целом по ЕАО.

В сельской местности женская смертность от причин, обусловленных алкоголем, зафиксирована в широком диапазоне 40–64 лет со значениями в 2–2.8 раза больше, чем в городе. Максимальное значение женской смертности в селе приходится на возрастную когорту 40–44 года. Аналогичные ситуации с тенденциями смертности мужчин и женщин в городской и сельской местностях наблюдаются за весь исследуемый период 2015–2022 гг.

Структура смертности по причинам

Алкогольная кардиомиопатия, случайное отравление алкоголем и алкогольная болезнь печени (алкогольный цирроз, гепатит, фиброз) являются тремя главными причинами смертности населения ЕАО, обусловленными злоупотреблениями алкоголя, с ежегодным охватом потерь более 90 % на протяжении всего изучаемого периода. При этом доля данных причин в общей алкогольной смертности имеет волнообразную динамику. В 2015 г. в общей алкогольной смертности они составляли 92 %, в 2016 г. – 95 %, в 2017 г. –

91.2 %, в 2018 г. – 88.2 %, в 2019 г. – 80.7 %. В 2020 г., соответствующему первой волне пандемии COVID-19, был зафиксирован рост до 94.5 %. Далее, в 2021 г., число данных причин было самым наименьшим за весь исследуемый период (79 %) в связи с увеличением доли смертей по причине «дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем» (10 %, максимальное значение за период 2015–2022 гг.). Аналогичная ситуация замещения причин смерти происходила и в 2018–2019 гг. В 2022 г. три главные алкогольные причины составили 93.5 %.

Замещение трех основных причин смерти происходило из-за небольшого повышения доли таких причин смерти, как дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, и острый панкреатит алкогольной этиологии (причина смерти появилась в номенклатуре Росстата в 2015 г.). Следует отметить, что при этом снижалась доля алкогольной болезни печени и алкогольных отравлений, но не менялась доля алкогольных кардиомиопатий в непосредственно обусловленной алкоголем смертности. Данная болезнь возникает на фоне частого или бесконтрольного приема спиртного в течение долгого времени и является следствием распространенности северного типа потребления алкоголя как в России, так и в ЕАО. В 2022 г. алкогольная кардиомиопатия составила 49 % смертей в общей непосредственно обусловленной алкоголем смертности, случайное отравление алкоголем – 9 %, алкогольная болезнь печени (алкогольный: цирроз, гепатит, фиброз) – 10 %, дегенерация нервной системы, вызванная алкоголем, – 1.5 %, острый панкреатит алкогольной этиологии – 2 %.

За период 2015–2018 гг. показатель смертности от случайных отравлений алкоголем в ЕАО снизился в 2.5 раза, составив 7.7 на 100 тыс. нас.; к 2022 г. произошел его рост в 1.8 раза (рис. 2). Как в ЕАО, так и по России в целом в группе риска люди, которые злоупотребляют спиртным или страдают алкоголизмом, в большинстве случаев они испытывают проблемы со здоровьем, на работе, в семье. Если человек злоупотребляет алкоголем, но не страдает алкоголизмом, его риски получить отравление наиболее высоки. Основная причина отравления – большое количество алкоголя в организме в течение двух часов, например, когда человек выпивает поочередно несколько алкогольсодержащих напитков.

Динамика смертности от случайных отравлений алкоголем на 100 тыс. нас. совпадает с динамикой потребления алкоголя в литрах на душу нас. и в определенной степени повторяет динамику численности населения с доходами ниже порога бедности. Коэффициент линейной корреляции Пирсона между смертностью от случайных отравлений алкоголем и потреблением алкоголя (на душу населения) продемонстрировал высокую степень зависимости ($r=0.92$ при $p<0.05$). Корреляция между алкогольными отравлениями и численностью населения с доходами ниже черты бедности показала среднюю положительную связь ($r=0.67$ при $p<0.05$).

Следует указать, что ситуация со смертностью в ЕАО усугублялась в периоды финансового кризиса 2015–2016 гг. и пандемии COVID-19 2020–2022 гг. Экономический фактор алкоголизации населения с низким уровнем жизни в области стоит наиболее остро: каждый пятый житель в 2022 г. находился за чертой бедности (в 2022 г. порог бедности составлял 18444 руб.), а в 2015 г. – каждый четвертый житель. Во время второй волны пандемии 2021–2022 гг. более 6 % населения области являлись безработными, что дополнительно усугубило материальное и моральное положение населения в период карантинных мер, самоизоляции и социально-экономической напряженности, обусловленной COVID-19. При этом коэффициенты корреляции Пирсона между уровнем безработицы и общим коэффициентом разводов с количеством алкогольных отравлений показали среднюю ($r=0.52$ при $p<0.05$) и низкую степени зависимости ($r=0.30$ при $p<0.05$).

Летальные алкогольные отравления в ЕАО теснейшим образом коррелируют с уровнем общей смертности ($r=0.96$ при $p<0.05$). Данная зависимость свидетельствует о неизменном употреблении спиртных напитков (особенно крепких, как первопричины и самого точного индикатора), в результате потребления которых может наступить смерть от алкогольных отравлений. Повышению алкоголизации населения области способствует до-

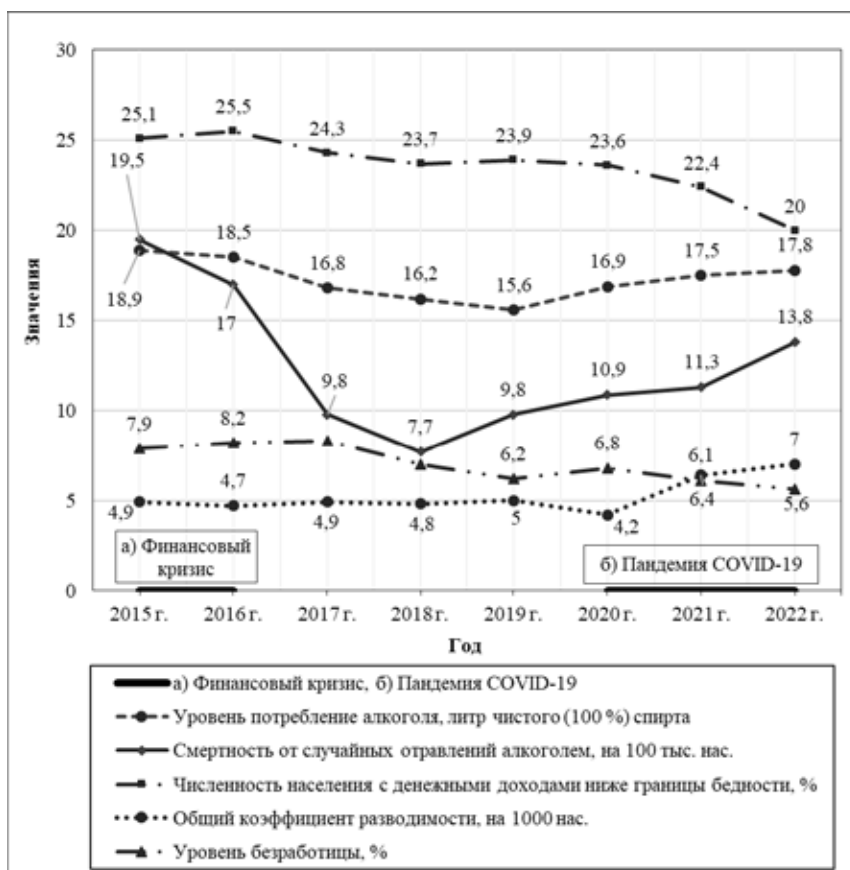


Рис. 2. Динамика смертности от случайных отравлений алкоголем и некоторых социально-экономических показателей ЕАО с учетом экономических кризисов за 2015–2022 гг.

Fig. 2. Dynamics of mortality from accidental alcohol poisoning and some socio-economic indicators of the JAR taking into account the economic crises for 2015–2022

ступность алкогольной продукции в торговых площадках региона, а также производство алкогольной продукции в домашних условиях. Однако при отсутствии легальной продажи алкогольных напитков или при высоких ценах на алкоголь, население с низкими доходами, особенно в отдаленных сельских населенных пунктах, переходит на потребление дешевых подделок (контрафактную продукцию, суррогаты).

Алкогольные кардиомиопатии являются основной причиной смерти как мужского, так для женского населения ЕАО. Доля вклада данной причины в структуру мужской смертности на 2–5 % больше по сравнению с женской, что свидетельствует о популярности крепких напитков и более массовом распространении алкоголизма среди мужчин области. Случайные отравления алкоголем составляют в структуре мужской смертности 23–32 %, в женской – 15–16 %. Потери женщин от алкогольных отравлений зафиксированы в более ранних когортных возрастах 25–29 лет в городской местности. Одной из их причин является употребление и легкая доступность в торговых точках слабоалкогольных энергетических напитков с различными вкусовыми и тонизирующими добавками. Именно такой продукцией интересуются дети, подростки, молодежь. Сведения о наличии этилового спирта в данных энергетических напитках не всегда четко представлены, а сочетание этилового спирта с кофеином способствует ускорению привыкания к алкогольной продукции, а также приводит к физиологической потребности ежедневного употребления.

Алкогольная болезнь печени (алкогольный: цирроз, гепатит, фиброз) составляет менее 12 % в структуре как мужской, так и женской смертности независимо от типа местности. Остальные причины смерти составляют малые доли в обеих структурах смертности.

В ЕАО независимо от типа местности максимальный уровень смертности от случайных отравлений алкоголем у мужчин регистрируется в возрастной группе 50–54 года. Это возраст, когда мужчины еще не сократили потребление алкоголя с учетом опыта своего употребления и возраста, но организм уже плохо переносит алкогольные перегрузки. Несколько ниже, но все же значительна смертность среди 35–44-летних мужчин в сельской местности по причине употребления значительных доз алкоголя, приводящих к отравлению. Также значительные потери сельских мужчин приходятся на возраст 60 лет и старше, которые имеют более слабое здоровье, чем молодые мужчины, при существенном для отравления уровне употребления крепких алкогольных напитков.

Для женской смертности наибольшие показатели отравлений зафиксированы в городской местности в более молодых возрастах 25–29 лет. Ранняя смертность от отравлений делает женщин более уязвимыми к пагубному воздействию алкоголя. В более старших возрастах ситуация меняется в сторону увеличения потерь женщин в селе, так как в сельской местности чаще пьют крепкие напитки (водку, самогон). Также в сельских населенных пунктах при возникновении экстренной ситуации, связанной с алкогольным отравлением, наблюдаются сложности с доступностью получения качественной медицинской помощи.

Выводы

Официальные данные Росстата полностью не отражают уровень первичной заболеваемости населения ЕАО алкоголизмом и алкогольными психозами по причинам низкой обращаемости за помощью в медицинские учреждения, а также полного отрицания существующей алкогольной зависимости у человека.

Установлено, что уровень потребления алкоголя в литрах чистого 100%-ного спирта на душу населения в ЕАО в 1.9–2.3 раза превышает общемировой критерий ВОЗ, равный 8.0 л, и находится в высокой корреляционной зависимости с потерями от алкогольных отравлений независимо от половозрастного состава населения и типа местности.

Определено, что мужчины имеют более высокий уровень потребления алкоголя, чем женщины, что является следствием стереотипов антистрессового воздействия алкоголя, распространенных как среди трудоспособного, так и более старшего населения независимо от места проживания.

Результаты исследования потерь населения в различных половозрастных когортах позволяют считать социально-демографические группы мужчин в возрасте 25–34 лет и женщин в возрасте 20–29 лет ключевыми объектами профилактического селективного воздействия.

Выявлена высокая положительная зависимость между фактором экономического достатка и смертностью от алкогольных отравлений у населения ЕАО. Анализ динамики уровней безработицы и фактического брачно-семейного статуса не позволил установить статистически значимого их влияния на потери населения от случайных отравлений алкоголем.

Установлено, что пандемия COVID-19 привела к некоторому росту алкогольной смертности в регионе, особенно во время второй ее волны в 2021–2022 гг., по причине появившихся новых социально-экономических проблем у населения, связанных с полной потерей работы (дополнительного заработка) или с переходом на удаленные условия работы, локдауном с повсеместным введением строгих карантинных мер и, как следствие, снижением уровня жизни населения области. Социальное и экономическое благополучие

человека сокращает риск опасного потребления алкоголя, а экономические трудности – увеличивают.

Прямые медико-демографические потери от причин смерти, обусловленных алкоголем, наносят ощутимый вред социально-экономическому развитию региона. К потерям относятся: 1) повышенный уровень смертности в условиях депопуляции; 2) сокращение рождаемости; 3) утрата трудоспособности; 4) снижение производительности труда; 5) затраты на лечение заболеваний, связанных с потреблением алкогольной продукции; 6) социальные выплаты государства детям-сиротам, оставшимся без попечения родителей в результате алкогольной смертности.

Считаем, что именно меры по уменьшению доступности алкоголя являются самыми эффективными и экономически целесообразными среди всего комплекса мер профилактики алкоголизма. К ним относятся: ограничение продаж алкоголя по времени и возрасту покупателя; снижение количества торговых площадок в населенных пунктах региона, реализующих как крепкие спиртные, так и энергетические напитки; повышение цены на алкоголь; запрет на пропаганду рекламы алкоголя. Также к важным мерам относится и радикальное снижение потребления крепких спиртных напитков, что должно стать одним из направлений антиалкогольной политики как на региональном, так и на федеральном уровне.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы НИР лаборатории региональных социально-экономических проблем ИКАРП ДВО РАН.

Acknowledgments. The work has been accomplished within the framework of the research topic of the Laboratory of Regional Socio-economic Problems of the ICARP, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Литература

1. Каждый год употребление алкоголя и психоактивных веществ уносит жизни более 3 млн человек, большинство из которых составляют мужчины. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news/item/25-06-2024-over-3-million-annual-deaths-due-to-alcohol-and-drug-use-majority-among-men> (дата обращения: 17.04.2025).
2. Norstrom T. Mortality and population drinking: a review of the literature // Drug and alcohol review. 2005. Vol. 1 (24). P. 537–547.
3. Тапилина В.С. Сколько пьет Россия? Объем, динамика и дифференциация потребления алкоголя // Социологические исследования. 2006. Вып. 2. С. 85–94.
4. Алкогольное бремя соматического стационара. Томск: Иван Федоров. 2010. 160 с.
5. Немцов А.В. Алкогольная ситуация в России. М.: Фонд «Здоровье и окружающая среда», 1995. 134 с.
6. Алкогольная катастрофа и возможности государственной политики в преодолении алкогольной сверхсмертности в России. М.: ЛЕНАНД, 2008. 376 с.
7. Шестаков М.Г. Алкоголизм как маркер социально-экономических проблем общества // Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения». 2010. 2(14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/191/> (дата обращения: 17.04.2025).
8. Стратегия национальной безопасности РФ до 2020 года. Указ Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102129631&rdk=0> (дата обращения: 06.08.2025).
9. Указ Президента Российской Федерации от 06.06.2019 г. № 254 О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44326> (дата обращения: 06.09.2025).
10. Северная модель потребления алкоголя: особенности и опасность. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mz26.ru/press-center/news/29091/> (дата обращения: 17.04.2025).
11. Замятнина Е.С. Структура непосредственно обусловленной алкоголем смертности в России в 2011–2021 гг. // Демографическое обозрение. 2022. Вып. 9 (2). С. 102–118. DOI:10.17323/demreview.v9i2.16208
12. Статистический ежегодник Еврейской автономной области. 2015: Стат. сб. / Хабаровскстат. Биробиджан, 2015. 273 с.
13. Еврейская автономная область. 2024: Стат. сб. / Хабаровскстат. Биробиджан, 2024. 184 с.
14. Демографический ежегодник России. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 170 с.
15. ЕМИСС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/4170> (дата обращения: 17.04.2025).

16. Кошкина Е.А., Павловская Н.И., Ягудина Р.И., Куликов А.Ю., Усенко К.Ю. Медико-социальные и экономические последствия злоупотребления алкоголем в Российской Федерации // Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения». 2010. 2 (14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/189/30/> (дата обращения: 17.04.2025).
17. Семенова В.Г., Антонова О.И., Евдокушкина Г.Н., Гаврилова Н.С. Потери населения России в 2000–2008 гг., обусловленные алкоголем: масштабы, структура, тенденции // Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения». 2010. 2 (14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/category/5/45/30/lang.ru/> (дата обращения: 17.11.2025).
18. Будаев Б.С., Михеев А.С., Тарнаева И.Ю., Богданова О.Г. Оценка динамики показателей смертности от алкогольно-ассоциированных причин на региональном уровне // Сибирский научный медицинский журнал. 2020. Вып. 40 (3). С. 88–98. DOI: 10.15372/SSMJ20200313.
19. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Стат. сб. / Росстат. М., 2023. 1126 с.
20. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 1204 с.
21. Демографический ежегодник Еврейской автономной области. 2024: Стат. сб. / Хабаровскстат. Биробиджан, 2024. 129 с.
22. Викторов И.А., Абрамов А.В. Финансовый кризис 2014–2015 годов в России и основы слабой монетарной автономии в международной политической экономии // Новая политическая экономия. 2020. Вып. 25 (4). С. 487–510. DOI: 10.1080/13563467.2019.1613349. S2CID 181478681.
23. COVID-19 приведет мировую экономику к худшей рецессии со времен Второй мировой войны. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/06/08/covid-19-to-plunge-global-economy-into-worst-recession-since-world-war-ii> (дата обращения: 17.04.2025).
24. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 17.04.2025).
25. ОКБУЗ «МИАЦ» г. Биробиджан. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://miac-eao.ru/category/specialistam/medicinskaya-statistika> (дата обращения: 17.04.2025).

References

1. Every year, the use of alcohol and psychoactive substances claims the lives of more than 3 million people, most of whom are men. Available online: <https://www.who.int/ru/news/item/25-06-2024-over-3-million-annual-deaths-due-to-alcohol-and-drug-use-majority-among-men> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)
2. Norstrom, T. Mortality and population drinking: a review of the literature. *Drug and alcohol review*. 2005, 1(24), 537-547.
3. Tapilina, V.S. How much does Russia drink? Volume, dynamics and differentiation of alcohol consumption. *Sociological research*. 2006, 2, 85-94. (In Russian)
4. Alcohol burden of the somatic hospital. «Ivan Fedorov»: Tomsk, Russia. 2010; 160 p. (In Russian)
5. Nemtsov, A.V. Alcohol situation in Russia. Health and Environment Foundation: Moscow, Russia. 1995; 134 p. (In Russian)
6. Alcohol catastrophe and the possibilities of state policy in overcoming alcohol overmortality in Russia. LENAND: Moscow, Russia. 2008; 376 p. (In Russian)
7. Shestakov, M.N. Alcoholism as a marker of socio-economic problems of society. *Information and analytical bulletin «Social aspects of public health»*. 2010, 2(14). Available online: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/191/> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)
8. The National Security Strategy of the Russian Federation until 2020 dated 12.05.2020 № 537. Decree of the President of the Russian Federation., 2009. Available online: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102129631&rdk=0> (accessed on 8 June 2025). (In Russian)
9. Decree of the President of the Russian Federation dated 06.06.2019 No. 254 On the Strategy for the Development of Healthcare in the Russian Federation for the period up to 2025. Available online: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44326> (accessed on 6 April 2025). (In Russian)
10. The Northern model of alcohol consumption: features and dangers. Available online: <https://mz26.ru/press-center/news/29091> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)
11. Zamyatina, E.A. The structure of alcohol-related mortality in Russia in 2011-2021. *Demographic Review*. 2022, 9(2), 102-118. DOI: 10.17323/demreview.v9i2.16208 (In Russian)
12. Statistical yearbook of the Jewish autonomous region. 2015: Statistical collection. Khabarovsk Statistics Office: Birobidzhan, Russia. 2015; 273 p. (In Russian)
13. The Jewish autonomous region. 2024: Statistical collection. Khabarovsk Statistics Office: Birobidzhan, Russia. 2024; 184 p. (In Russian)
14. Demographic yearbook of Russia. 2023: Statistical collection. Rosstat: Moscow, Russia. 2023; 170 p. (In Russian)
15. EMISS. Available online: <https://fedstat.ru/indicator/41703> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)
16. Koshkina, E.N.; Pavlovskaya, N.I.; Yagudina, R.I.; Kulikov, A.Yu.; Usenko, K.Yu. Medical, social and economic consequences of alcohol abuse in the Russian Federation. *Information and analytical Bulletin «Social aspects of*

health the population». 2010, 2(14). Available online: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/189/30/> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)

17. Semenova, V.G.; Antonova, O.N.; Evdokushkina, G.N.; Gavrilova, N.S. Alcohol-related population losses in Russia in 2000-2008: scale, structure, trends. *Information and Analytical Bulletin «Social aspects of public Health»*. 2010, 2(14). Available online: <http://vestnik.mednet.ru/content/category/5/45/30/lang,ru/> (accessed on 17 November 2025). (In Russian)

18. Budaev, B.S.; Mikheev, A.S.; Tarnaeva, I.Yu.; Bogdanova, O.G. Assessment of the dynamics of mortality rates from alcohol-associated causes at the regional level. *Siberian Scientific Medical Journal*. 2020, 40(3), 88-98. DOI: 10.15372/SSMJ20200313 (In Russian)

19. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2023: Statistical collection. Rosstat: Moscow, Russia. 2023; 1126 p. (In Russian)

20. Regions of Russia. Socio-economic indicators. Since 2019: Statistical collection. Rosstat: Moscow, Russia. 2019; 1204 p. (In Russian)

21. Demographic yearbook of the Jewish autonomous region. 2024: Statistical collection. Khabarovsk Statistics Office: Birobidzhan, Russia. 2024; 129 p. (In Russian)

22. Viktorova, I.A.; Abramov, A.V. The financial crisis of 2014-2015 in Russia and the foundations of weak monetary autonomy in international political economy. *New Political Economy*. 2020, 25(4), 487-510. DOI: 10.1080/13563467.2019.1613349.S2CID 181478681. (In Russian)

23. COVID-19 is driving the global economy into the worst recession since World War II. Available online: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/06/08/covid-19-to-plunge-global-economy-into-worst-recession-since-world-war-ii> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)

24. Federal State Statistics Service. Available online: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)

25. OKBUZ «MIAC». Birobidzhan. Available online: <https://miac-<url>/category/specialistam/medicinskaya-statistika/> (accessed on 17 April 2025). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 8.07.2025; одобрена после рецензирования 14.08.2025; принята к публикации 20.08.2025.

The article was submitted 8.07.2025; approved after reviewing 14.08.2025; accepted for publication 20.08.2025.



Анализ динамики половозрастной структуры населения Забайкальского края с 1970–2024 гг.

Баир Баясхаланович ЦЫДЕНОВ
аспирант
bairtsydenov@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4129-5881>

Цыбен Дашицыренович ГОНЧИКОВ
кандидат географических наук, доцент, профессор
ek-geo@bsu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9151-4570>

Чимит Болотовна УРБАНОВА
кандидат географических наук, доцент
chimita76@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0741-4682>

Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова, г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. В статье рассматривается половозрастная структура населения Забайкальского края, ее динамика и влияние на социально-экономическое развитие региона. Анализ основан на данных Всероссийских переписей населения, статистических отчетов и научных исследований, охватывающих несколько исторических периодов с 1970 по 2024 г. Рассматриваются изменения численности мужчин и женщин, выявляются ключевые демографические тенденции, включая старение населения, снижение доли молодежи, а также диспропорции в половом составе, вызванные демографическими и экономическими кризисами, а также политическими событиями. Согласно проведенному анализу выявлено, что возрастная структура населения Забайкальского края характеризуется суженным типом воспроизводства, при котором поколение детей численно меньше поколения родителей. При этом доля взрослого и пожилого населения имеет тенденцию к увеличению в связи с общим «старением». В целом в крае сложилась более «молодая» возрастная структура населения в сравнении со средними показателями по Дальневосточному федеральному округу и Российской Федерации. На эту структуру в целом повлияли этнические особенности населения Агинского бурятского округа. На фоне остальных районов Агинский автономный округ всегда выглядел лучше по естественному приросту. Средний возраст населения на 1 января 2022 г. составил 36.75 лет (ДФО – 38.18 лет, РФ – 40.48 лет). В основном ухудшение показателя соотношения полов возникает вследствие мужской сверхсмертности. Данный факт негативного изменения в половой диспропорции оказывает прямое воздействие на социально-экономическое положение региона. Например, сокращение численности рабочей силы в результате уменьшения доли молодежи может негативно сказаться на экономическом росте региона. Результаты исследования могут быть полезны для органов государственной власти, специалистов в области демографии, экономики и социального планирования, при разработке программ и стратегий демографического развития региона.

Ключевые слова: демографическая структура, половозрастная пирамида, рождаемость, смертность, демографическая политика, социально-экономическое развитие, Забайкальский край

Для цитирования: Цыденов Б.Б., Гончиков Ц.Д., Урбанова Ч.Б. Анализ динамики половозрастной структуры населения Забайкальского края с 1970–2024 гг. // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 38–47. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_3.

Original article

Analysis of the dynamics of the gender and age structure of the population in the Trans-Baikal Territory for 1970-2024

Bair B. TSYDENOV

Postgraduate

bairtsydenov@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4129-5881>

Tsyben D. GONCHIKOV

Candidate of Geographical Sciences, Associate professor

ek-geo@bsu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9151-4570>

Chimit B. URBANOVA

Candidate of Geographical Sciences, Associate professor

chimita76@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0741-4682>

Dorji Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russian Federation

Abstract. The article examines the gender-age structure of the population of the Trans-Baikal Territory, its dynamics, and the impact these changes have on the region's socio-economic development. The analysis is based on data from the All-Russian Population Censuses, statistical reports, and scientific studies spanning several historical periods from 1970 to 2024. The study discusses changes in the number of men and women over time and highlights key demographic trends, including population aging, a decrease in the proportion of youth, and gender imbalances caused by demographic crises, wars, and economic upheavals. A special focus of the article is on the analysis of age-gender pyramids, which are essential tools for evaluating the future demographic prospects of the region. By studying these pyramids, it is possible to forecast changes in the age structure of the population, which helps to anticipate the potential challenges and opportunities for the region. The article also identifies the main factors driving changes in the population structure, such as migration processes, birth and death rates, as well as the unique socio-economic characteristics of the region. One of the most critical findings of the study is the significant decline in the working-age population, which could lead to a shortage of labor in key sectors of the economy, including industry and agriculture. This represents a pressing issue for the Trans-Baikal Territory, where a lack of skilled workers may undermine the sustainability and growth of the regional economy. The article suggests various potential solutions to address these demographic challenges, including state support measures for families with children, the development of resettlement programs, and attracting migrants to the region. Additionally, improving the quality of life in the region is seen as a crucial factor in reducing the outflow of young people. The paper also examines the prospects for adapting the region's social infrastructure to these changing demographic conditions. This includes the modernization of healthcare, education, and pension systems, ensuring that they are responsive to the needs of an aging and shrinking population. The findings of this study are valuable for government authorities, demography experts, economists, and social planners in the development of programs and strategies aimed at addressing the region's demographic challenges and ensuring its sustainable development.

Keywords: demographic structure, age and sex pyramid, fertility, mortality, demographic policy, socio-economic development, Trans-Baikal Territory

For citation: Tsydenov B.B., Gonchikov Ts.D., Urbanova C.B. Analysis of the dynamics of the gender and age structure of the population in the Trans-Baikal Territory for 1970–2024. *Pacific Geography*. 2025;(4): 38–47. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_3.

Введение

В демографической структуре населения Забайкальского края сложились негативные тенденции, являющиеся результатом длительного процесса преобразований, на основные составляющие которого оказали серьезное влияние коренные изменения общественного устройства в России, произошедшие в XX в., – последствия гражданской и двух мировых войн.

Демографическая структура населения — это сложная и многогранная система, которая играет ключевую роль в формировании демографической ситуации региона. Проблемы демографии восточных регионов России рассматривались в работах Ю.А. Авдеева [1], Е.Л. Мотрич [2], К.В. Шворина, Л.М. Фалейчик [3], Н.М. Римашевской [4] и др. Сложившаяся в Забайкальском крае демографическая ситуация изучалась В.М. Булаевым, К.В. Гориной [5, 6], Н.В. Солдатовой [7], К.В. Парфеновой, Л.М. Фалейчик [8], В.Г. Романовым, И.В. Романовой [9] и др. Согласно этим исследованиям демографическая ситуация в Забайкальском крае характеризуется следующими тенденциями: снижением рождаемости, естественной и миграционной убылью и как следствие – сокращением численности населения и его старением. В целом она совпадает с общероссийской, на которую оказали значительное влияние несколько демографических кризисов, пережитых в первой половине XX в. Отмечается, что динамика половой и возрастной структуры населения в России и в Забайкальском крае, а также брачные и семейные аспекты являются основными факторами, влияющими на воспроизводство населения в стране и в отдельных регионах. Современная ситуация с брачным поведением жителей Забайкальского края характеризуется низким уровнем сохранения семейных ячеек и соответственно снижением возможностей репродуктивного поведения. Кроме этого, состояние половозрастной структуры населения влияет на его трудовую занятость и уровень демографической нагрузки. Половозрастная структура населения не только отражает текущее состояние демографической ситуации, но и задает вектор для дальнейшего социально-экономического развития всего субъекта Дальневосточного федерального округа (ДФО).

В то же время процесс формирования этой структуры в Забайкальском крае изучен недостаточно полно и всесторонне. Важной характеристикой этой структуры является инерционность — изменения происходят медленно и требуют времени для корректного анализа и прогнозирования. Различные демографические события, такие как войны, эпидемии или экономические кризисы, могут существенно повлиять на половозрастные пропорции, однако полное восстановление или изменение этих пропорций может занять десятилетия. В этом случае динамика численности населения в значительной степени зависит от особенностей половозрастного состава населения. Ее изучение в свою очередь позволяет оценить потенциальные трудовые ресурсы, а также будущие потребности населения в социальных услугах, таких как образование и здравоохранение. Например, увеличение доли пожилого населения требует дополнительных инвестиций в медицинское обслуживание и социальную поддержку.

Важно учитывать влияние исторических событий, которые оставили глубокий след в демографической структуре как России, так и Забайкальского края. Первая половина XX в. была временем коренных преобразований в обществе, которые сопровождались войнами (гибель населения и его миграционный отток), падением уровня жизни и снижением воспроизводственного потенциала населения и, в конечном счете, привели к значительным потерям населения. Эти события создали условия для возникновения диспропорций в соотношении полов, которые до сих пор ощущаются достаточно остро. Это явление

требует внимания со стороны демографов и государственных структур, так как оно может оказывать влияние на социальную стабильность и экономическое развитие региона.

Целью данного исследования является изучение половозрастной структуры населения Забайкальского края как основы для разработки инструментов реализации демографической политики, поскольку Забайкальский край, как и многие другие регионы России, сталкивается с уникальными вызовами, связанными с необходимостью формирования рациональной демографической структуры населения.

Материалы и методы

Предметом исследования выступает половозрастная структура населения Забайкальского края. Материалами для исследования послужили данные Всероссийской переписи населения 1970, 1979, 1989, 2002, 2010, 2020 гг., официальные данные Росстата и его территориального органа по Забайкальскому краю (<http://75.rosstat.gov.ru>) за 2021–2024 гг., сайта ДЕМОСКОП WEEKLY (demoscope.ru). В статье использовались такие методы, как метод описательно-аналитический, математико-статистический, графический.

Результаты и их обсуждение

В Забайкальском крае в период с 1970 по 2024 г. происходило снижение численности населения и его старение, что в целом отражает общероссийские демографические тенденции. Современная демографическая ситуация в Забайкальском крае характеризуется отрицательными значениями естественного и миграционного прироста, высокой демографической нагрузкой¹ на население работоспособного возраста [10]. Например, в 2022 г. коэффициент естественного прироста (убыли) населения на 1000 чел. населения в РФ был равен 4.0 (в 2005 г. – 5.9), а в Забайкальском крае он составил 2.6 (в 2005 г. – 3.7); коэффициент миграционного прироста (на 10000 населения) был в РФ 4 (в 2005 г. достигал 20), а в Забайкальском крае – 55 (в 2005 г. – 47); коэффициенты демографической нагрузки (оценка на конец 2022 г.) в среднем по РФ составили 756 (в 2005 г. – 579), а в Забайкальском крае – 710 (в 2005 г. – 509) [11].

В качестве важной составляющей оценки демографической ситуации в регионе следует рассматривать такую характеристику, как половое соотношение между численностью мужчин и женщин, которое в Забайкальском крае имеет свои особенности: в растущем населении старше-трудоспособного возраста численно преобладает женское население (табл. 1).

Согласно данным табл. 1 соотношение численности мужчин и женщин составляло: по состоянию на 1970 г. – мужчин 49.4 %, женщин 50.5 %; на 1979 г. – 48.9 % и 51.1 %; на 1989 г. – 49.9 % и 50.7 %; 2002 г. – 48.4 % и 51.6 %, 2010 г. – 47.8 % и 52.1 %; на 2020 г. – 49.9 % и 50.1 % соответственно. В структуре населения по состоянию на 1 января 2024 г. наблюдалось следующее распределение по полу: мужчин – 463.8 тыс. чел. (47.1 %), женщин – 520.6 тыс. чел. (52.9 %) [12].

Забайкальский край – один из немногих субъектов Российской Федерации, где численность детей и подростков до 16 лет больше численности лиц в возрасте старше трудоспособного возраста. По состоянию на 1 января 2024 г. численность мужчин в трудоспособном возрасте составила 320226 чел., моложе трудоспособного – 121012 чел., старше трудоспособного – 58994 чел. Численность женщин составила: в трудоспособном возрасте – 287637 чел., моложе трудоспособного – 114965 чел., старше трудоспособного – 140633 чел. В соответствии с приказом Федеральной службы государственной статистики Министерства экономического развития РФ от 17 июля 2019 г. № 409 «Об утверждении

¹ На 1000 чел. трудоспособного возраста приходится лиц нетрудоспособных возрастов.

Таблица 1

Распределение населения по основным возрастным группам

Table 1. Distribution of the population by major age groups

	1970		1979		1989		2002		2010		2020	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
Всего	566254	578664	603487	558689	529486	577621	529444	530256	628519	677321	698019	698019
0-4	50462	48544	65370	34501	41079	39476	28634	27542	63300	73137	70857	70857
5-9	62229	59318	54855	35666	35542	34010	38912	36577	53759	69781	68044	68044
10-14	71745	68823	48415	51842	32917	31196	37 21	34815	46713	62004	59796	59796
15-19	80469	61184	69282	62785	42546	36878	33037	30235	55578	57624	46557	46557
20-24	62172	42513	74962	56477	57288	49907	28283	25090	63391	49834	43907	43907
25-29	32585	29613	64743	46410	49658	49806	27799	27699	59859	67251	62267	62267
30-34	47653	49268	37755	37405	45089	45536	40997	42582	34756	68151	64343	64343
35-39	37401	39741	34302	36627	37743	39715	42795	45480	34724	58935	56097	56097
40-44	38013	42425	39638	45756	30230	32426	38593	41052	43467	33067	31224	31224
45-49	19112	30163	33340	43585	34408	37886	33003	36262	38455	29355	31392	31392
50-54	15837	24908	29224	34729	37560	44488	25589	28697	36920	32822	38918	38918
55-59	19186	28460	13777	15388	32289	41003	25607	30683	25805	27010	34783	34783
60-64	12468	19968	13021	20137	21368	28477	27456	37173	22498	22285	31666	31666
65-69	7160	14243	12631	15413	8354	13348	22001	33638	21498	9605	20387	20387
70-74	4554	8656	6764	12568	11718	23648	13421	23290	13577	7622	15899	15899
75-79	2594	5230	3115	6100	6321	14228	4179	8869	8051	5956	12726	12726
80-84	1334	3086	1501	1996	3861	10442	4292	12614	3787	2145	6198	6198
85-89	666	1957	693	1082	1276	4908	2250	7958	2271	737	2957	2957

Составлено по данным [12].

методики определения возрастных групп населения» к населению в возрасте моложе трудоспособного относят лица в возрасте 0–15 лет. К населению в трудоспособном и старше трудоспособного возраста относятся лица в возрасте от 16 лет до достижения возраста и достигшие возраста соответственно, дающего право на страховую пенсию по старости в соответствии с законодательством [13]. Более подробно данное соотношение по состоянию на 1970, 1979, 1989, 2002, 2010 и 2020 гг. представлено в табл. 2.

Таблица 2

Половое соотношение возрастных структур населения Забайкальского края с 1970–2020 гг.

Table 2. Sex ratio of the age structures of the population in the Trans-Baikal Territory for 1970–2020

Возрастные группы населения	1970		1979		1989		2002		2010		2020	
	мужчины	женщины	мужчины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины	женщины	мужчины	женщины
Моложе трудоспособного возраста	184436	176685	168640	122009	117675	109538	104682	104567	98934	163772	204922	198697
Трудоспособного возраста	352428	348275	397023	379162	378143	366811	377645	295703	307780	392955	424049	409488
Старше трудоспособного возраста	28776	53140	37725	57296	100595	52898	95051	46143	123542	71682	48350	89833

Составлено по данным [12].

Для более полного анализа половозрастной структуры населения Забайкальского края в исследовании представлены половозрастные пирамиды, составленные на основе данных Всероссийской переписи населения за 1970, 1979, 1989, 2002, 2010 и 2020 гг. Эти данные позволяют проследить ключевые изменения в демографической структуре региона за исследуемые десятилетия. Важно отметить, что изменения не только показывают текущую ситуацию, но и дают возможность прогноза демографического будущего. Также следует подчеркнуть, что все изменения структуры населения напрямую связаны с социальными, экономическими и политическими процессами как на уровне страны в целом, так и в самом регионе [7].

Кроме того, статистические данные, представленные в половозрастных пирамидах, дают возможность прогнозировать перспективы формирования трудового потенциала региона. Естественное движение населения, зависящее от соотношения рождаемости и смертности, играет ключевую роль в формировании половозрастной структуры. Низкая смертность при низкой рождаемости, характерная для многих развитых стран, ведет к старению населения и «сужению» пирамиды. Если число детей, рожденных в среднем одной женщиной (суммарный коэффициент рождаемости), не будет превышать 2.1 или число детей в среднем у одной супружеской пары не будет превышать 2.3...2.4, то при самом низком уровне смертности замещения поколений в обществе происходить не будет и численность населения от поколения к поколению будет сокращаться. Суммарный коэффициент рождаемости в крае на сегодня составляет 1.842 [7].

Статистические данные [12] по половозрастным структурам населения рассматривались за 1989 и 2002 гг. (переход от советского периода на современный этап); 2008 и 2024 гг. (объединение АБАО и Читинской области и вступление в 2018 г. Забайкальского края в ДФО) (рис. 1, 2).

Представленные за 1989 и 2002 гг. данные показывают, что в 2002 г. рождаемость детей по сравнению с 1989 г. уменьшилась в 2 раза, продолжает она снижаться и в настоящее время. Численность трудоспособного населения, как и число подростков, также снижается. Основными причинами данных негативных процессов являются социальные реформы,

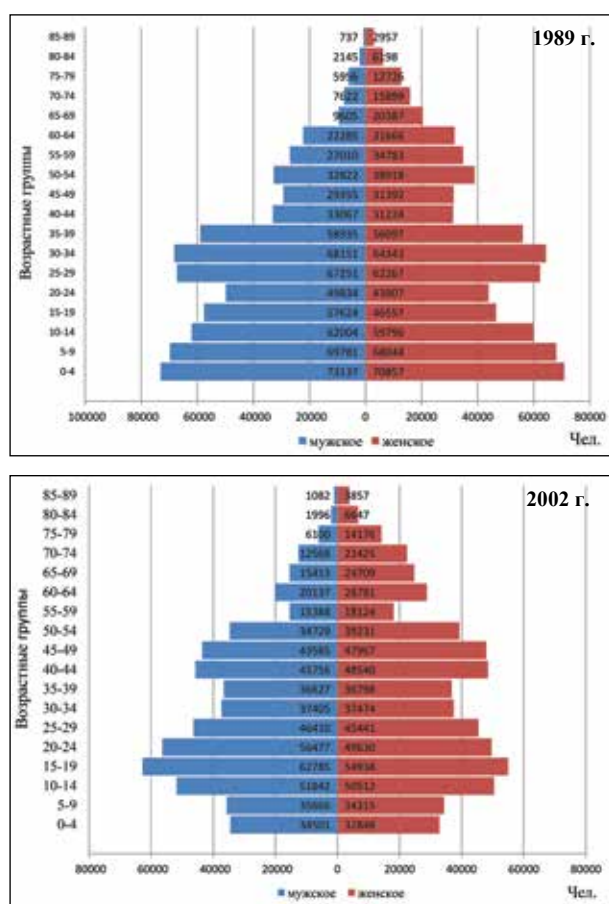


Рис. 1. Половозрастная пирамида населения Забайкальского края на 1989 и 2002 гг. в %. Составлено по данным [12]

Fig. 1. Gender and age pyramid of the population of the Trans-Baikal Territory in 1989 and 2002, %

чено наиболее многочисленное население. В сравнении с 2002 г. преобладание женского населения в половой структуре меняется с наступлением возраста 30–34, поскольку количественно женщин всегда рождается меньше, чем мужчин.

По состоянию на 2020 г. половозрастная структура населения, в сравнении с предыдущими годами, характеризуется следующими изменениями. Детей рождается меньше, количество людей пожилого возраста увеличивается, к малочисленной группе относится когорта 65–69 лет, многочисленная группа – 5–9, 30–34, 35–39 лет. В половом соотношении с наступлением возраста 30 лет женское население преобладает.

В Забайкальском крае численность мужчин превышает численность женщин в возрасте моложе трудоспособного (на 5.3 %) и в трудоспособном возрасте (на 11.3 %). Наблюдается абсолютный перевес мужского населения в однолетних возрастных группах от 0 до 36 лет включительно. Снижение численности мужского населения начинается в когорте 30–34 лет. Значительное превышение численности женщин над мужчинами отчетливо видно в верхней части половозрастной пирамиды, в старших возрастах. Преобладание женщин в структуре населения пожилого возраста связано со значительно большей продолжительностью их жизни. В возрасте старше трудоспособного численность мужчин меньше численности женщин на 58.1 %, или практически в 2.4 раза. К усилению полового дисбаланса среди пожилых групп приводит высокая смертность мужского на-

связанные с развалом СССР, последовательное снижение уровня и качества жизни населения, безработица, неуверенность в завтрашнем дне. На рис. 1 наглядно представлен процесс увеличения доли старших возрастов населения, что в свою очередь ведет к возрастанию демографической нагрузки трудоспособное население в будущем. Необходимо отметить, что к самой малочисленной группе населения 1989 и 2002 гг. относятся лица старше трудоспособного возраста от 55 лет и более как мужского, так и женского пола. Больше всего населения приходится на группы 15–19, 20–24 лет (оба пола). В половом соотношении дети мужского пола рождаются чаще, чем женского. После наступления возраста 30–34 лет наблюдается количественное преобладание женского населения над мужским (в первую очередь из-за высокой смертности среди мужчин трудоспособного возраста).

К самой малочисленной группе населения по состоянию на 2010 г. относятся люди старше трудоспособного возраста от 60 лет и более (оба пола), в группе 20–24 и 25–29 лет сосредото-

селения региона. Этот тренд сохраняется на протяжении всего анализируемого периода.

На демографические процессы формирования населения Забайкальского края в период 1970–2020 гг. оказывали влияние последствия социально-экономического и демографического кризисов 1990-х гг. Демографические процессы довольно инерционны и могут сказываться на численности различных возрастных групп спустя десятилетия. Например, демографические потери 1940-х и 1990-х гг. до сих пор отражаются в возрастных диспропорциях населения региона. Низкие показатели рождаемости в 1990-х и 2000-х гг. также привели к сокращению численности молодых возрастов в последующие десятилетия. В 2020-х гг. наибольший прирост наблюдается среди пожилых групп населения, что приводит к увеличению демографической нагрузки.

Демографическая инерция Забайкальского края проявляется в долговременных и медленно изменяющихся последствиях демографических процессов и оказывают непосредственное воздействие на демографическую структуру.

Изучение демографического поведения населения позволяет оценить потенциальные возможности жителей края в выполнении своих репродуктивных функций в существующих социально-экономических, культурных и других условиях проживания. Репродуктивный потенциал населения территории, как возможность его естественного воспроизводства, характеристики и особенности этого процесса, во многом зависят от численности и детородной активности именно женского населения фертильного возраста [8]. В 1970–2020 гг. репродуктивный потенциал населения Забайкальского края претерпел значительное снижение. Если в 1970–1980-х гг. он обеспечивал естественное воспроизводство, то с 1990-х гг. началась депопуляция. Несмотря на меры поддержки семей, к 2020 г. из-за миграции и сокращения численности женщин детородного возраста потенциал воспроизводства населения региона остается низким.

С учетом инерционности половозрастной структуры планирование мероприятий демографической политики должно быть ориентировано на долгосрочную перспективу — не менее чем на 25–30 лет. Мероприятия должны включать не только реализацию основных положений региональной демографической политики: стимулирование рождаемости, поддержка многодетных семей, но и создание условий для интеграции мигрантов. Реализация этих мер может помочь сбалансировать половые пропорции, сложившиеся в Забайкальском крае. Важным аспектом реализации демографической политики в регионе также является разви-

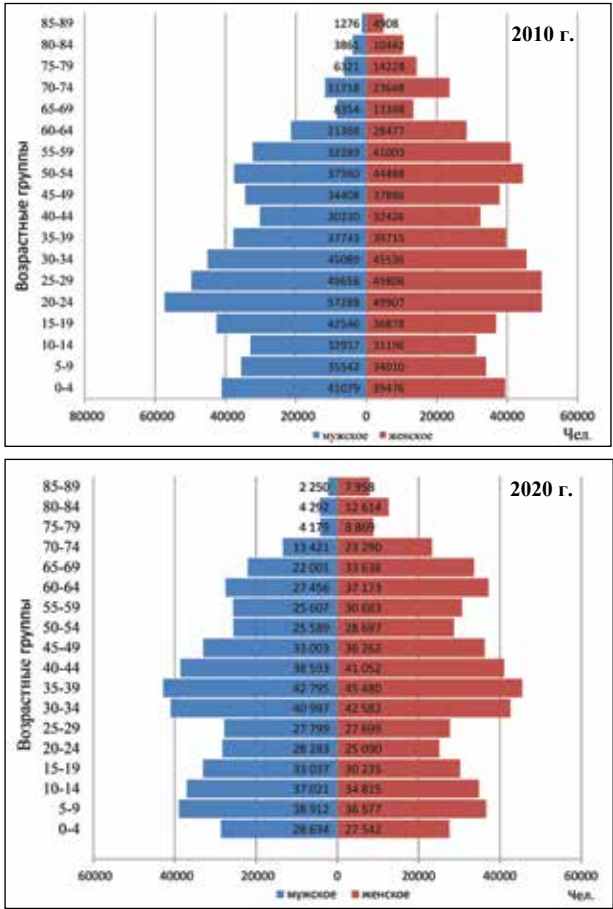


Рис. 2. Половозрастная пирамида за 2010 и 2020 гг. Составлено по данным [12]

Fig. 2. Sex and age pyramid in 2010 and 2020

тие образовательных и медицинских учреждений, их адаптация к изменяющимся потребностям населения. Например, с увеличением числа пожилых людей необходимо развивать геронтологические службы и программы по поддержке активности пожилых людей.

Заключение

Возрастная структура населения Забайкальского края характеризуется суженным типом воспроизводства, при котором поколение детей численно меньше поколения родителей. При этом доля взрослого и пожилого населения имеет тенденцию к увеличению в связи с общим «старением». В целом в крае сложилась более «молодая» возрастная структура населения в сравнении со средними показателями по Дальневосточному федеральному округу и Российской Федерации. На эту структуру в целом повлияло этнические особенности населения Агинского бурятского округа. На фоне остальных районов Агинский автономный округ всегда выглядел лучше по естественному приросту. Средний возраст населения на 1 января 2022 г. составил 36.75 лет (ДФО – 38.18 лет, РФ – 40.48 лет).

В основном ухудшение показателя соотношения полов возникает вследствие мужской сверхсмертности. Данный факт негативного изменения в половой диспропорции оказывает прямое воздействие на социально-экономическое положение региона. Например, сокращение численности рабочей силы в результате уменьшения доли молодежи может негативно сказаться на экономическом росте региона.

Проведенный анализ динамики половозрастных пирамид показывает, что происходит наглядное уменьшение основания пирамиды. Этот процесс происходит в первую очередь из-за резкого сокращения рождаемости и свидетельствует об ухудшении демографической ситуации в регионе, подчеркивает значительное истощение положительного потенциала возрастной структуры.

Одним из наиболее заметных изменений является сокращение доли молодежи, что приводит к старению населения. Данные свидетельствуют о том, что молодежные группы населения уменьшаются, в то время как доля пожилых людей растет. Данная негативная тенденция характерна для большинства регионов России. Процесс старения населения, происходящий в Забайкальском крае, можно охарактеризовать как «старение снизу». В результате данная возрастная структура создает дополнительные вызовы для системы здравоохранения, образования и социального обеспечения, создает дополнительную нагрузку на федеральный и региональные бюджеты. Демографическая ситуация в Забайкальском крае с 1970–2024 гг. характеризуется также увеличением в половой диспропорции – на протяжении всего исследуемого периода женское население превалирует над мужским.

Дальнейшее изучение демографических процессов, разворачивающихся в Забайкальском крае, в т.ч. связанных с динамикой половозрастной структуры населения, требует комплексного подхода к решению возникающих демографических проблем.

Литература

1. Авдеев Ю.А. О демографической политике для российского Дальнего Востока // Статистика и экономика. 2017. № 6. С. 59–68.
2. Мотрич Е.Л. Дальневосточный регион в демографическом пространстве России: пореформенный тренд // Пространственная экономика. 2017. № 3. С. 133–153.
3. Шворина К.В., Фалейчик Л.М. Основные тренды миграционной мобильности населения регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 2. С. 485–501.
4. Римашевская Н.М. и др. Человеческий потенциал российских регионов // Народонаселение. 2013. № 3. С. 84–141.
5. Булаев В.М., Горина К.В. Воспроизводственный потенциал городского и сельского населения Забайкальского края // Социологические исследования. 2013. № 12. С. 95–99.
6. Горина К.В. Особенности репродуктивного поведения женщин Забайкальского края // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-4. С. 770–775.

7. Солдатова Н.В. Тенденции развития демографической ситуации на территории Забайкальского края // Ученые записки Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г. Чернышевского. 2012. Вып. 5 (46). С. 39–43.
8. Парфенова К.В., Фалейчук Л.М. Демографическое поведение населения Забайкальского края // Вопросы статистики. 2020. Вып. 27 (2). С. 63–73.
9. Романов В.Г., Романова И.В. Современная демографическая ситуация в Забайкальском крае: динамика и направленность основных показателей // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27. № 7. С. 73–86.
10. Численность населения. Забайкальский край: статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://численность-населения.рф/зabaykalskiy-kray> (дата обращения: 15.04.2024).
11. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023: Стат. сб. М.: Росстат, 2023. 1126 с.
12. Приложение Демоскопа Weekly [Электронный ресурс]. Режим доступа: Приложение Демоскопа Weekly. (дата обращения: 15.04.2024).
13. Об утверждении методики определения возрастных групп населения [текст]: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации Федеральной службы государственной статистики от 17 июля 2019 г. № 409 / Росстат. 2019. 17 июля. С. 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://66.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Приказ%20Росстата%20№%20409.pdf> (дата обращения: 15.04.2024).

References

1. Avdeev, Yu.A. Demographic policy to the Russian Far East. *Statistics and Economics*, 2017, 6, 59-68. (In Russian)
2. Motrich, E.L. The Far Eastern region in the demographic space of Russia: post-reform trend. *Spatial economics*. 2017, 3, 133-153. (In Russian)
3. Shvorina, K.V.; Faleichuk, L.M. The main trends in the migration mobility of the population of the regions of the Siberian and Far Eastern Federal Districts. *Regional Economy*. 2018, 14(2), 485-501. (In Russian)
4. Rimashevskaya, N.M. et al. Human potential of Russian regions. *Population*. 2013, 3, 84-141. (In Russian)
5. Bulaev, V.M.; Gorina, K.V. Reproduction potential of urban and rural population of Zabaikalsky Krai. *Sociological Studies*. 2013, 12, 95-99. (In Russian)
6. Gorina, K.V. Features of reproductive behavior of women of Zabaikalsky Krai. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2015, 8-4, 770-775. (In Russian)
7. Soldatova, N.V. Trends in the development of demographic situation in the territory of the Transbaikalian Territory. *Scientific notes of the N.G. Chernyshevsky Transbaikalian State Humanitarian-Pedagogical University*. 2012, 5(46), 39-43. (In Russian)
8. Parfenova, K.V.; Faleichuk, L.M. Demographic behavior of the population of the Zabaikalsky Krai. *Voprosy statistiki*. 2020, 27(2), 63-73. (In Russian)
9. Romanov, V.G.; Romanova, I.V. Modern demographic situation in the Zabaikalsky Krai: dynamics and direction of the main indicators. *Bulletin of the Zabaikalsky State University*. 2021, 27(7), 73-86. (In Russian)
10. Population of the Zabaikalsky Krai: statistics. Available online: <https://численность-населения.рф/зabaykalskiy-kray>. (accessed on 15 April 2024) (In Russian)
11. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2023. Rosstat: Moscow, Russia, 2023; 1126 p. (In Russian)
12. Appendix Demoscope Weekly. Available online: Mode of access: Appendix Demoscope Weekly. (accessed on 12 April 2024) (In Russian)
13. On approval of the methodology for determining the age groups of the population: order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation of the Federal State Statistics Service of July 17, 2019 № 409 : Rosstat, 2019, P. 1. Available online: <https://66.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Приказ%20Росстата%20№%20409.pdf> (accessed on 15 April 2024) (In Russian)

Статья поступила в редакцию 24.03.2025; одобрена после рецензирования 11.04.2025; принята к публикации 23.04.2025.

The article was submitted 24.03.2025; approved after reviewing 11.04.2025; accepted for publication 23.04.2025.





Оценка изменчивости среднегодовой температуры воздуха в климатических моделях для территории Камчатского края

Никита Иванович ТАНАНАЕВ^{1,2}

кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
tanni@s-vfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2997-0169>

Максим Аркадьевич ТИМОФЕЕВ²

инженер-исследователь, аспирант
m.a.timofeev@s-vfu.ru

¹ Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия

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

Аннотация. В работе исследуются результаты воспроизведения современного климата Камчатского края моделями проекта CMIP6, эксперимент historical (69 моделей). Использованы данные о приземной температуре воздуха в месячном разрешении, осредненные по годам и формирующие ряды среднегодовой температуры воздуха в пределах административных границ Камчатского края. Среднегодовая температура воздуха по всему пулу моделей составила -5.3 ± 2.6 °C (медиана \pm межквартильный интервал) в 1961–1990 гг., -4.5 ± 3.0 °C в 1981–2010 гг., изменение между периодами $+0.8 \pm 0.3$ °C. Пул моделей в зависимости от средней температуры в базовом периоде, был разделен на три группы: холодная (17 моделей), средняя (35 моделей) и теплая (17 моделей). Все температурные группы моделей сходятся в оценке современного потепления климата Камчатки в пределах от $+0.73$ до $+0.78$ °C между периодами 1961–1990 и 1981–2010 гг., что согласуется с другими оценками. Выполнен анализ различий между модельными семействами, в каждое из которых входит один или несколько (до 12) модельных вариантов, различающихся параметризацией или форсингом. Показано, что различия внутри одной семьи климатических моделей могут быть выше, чем между семьями, и определяются конкретными способами воспроизведения теплообмена в океане и параметризациями климатической функции атмосферных аэрозолей. Выполнена статистическая оценка временных рядов температуры воздуха как в среднем по региону, так и в отдельных модельных ячейках в оригинальном разрешении каждой климатической модели. Подавляющее большинство моделей воспроизводит статистически значимый тренд повышения СГТВ с интенсивностью от $+0.4$ до $+0.45$ °C за 10 лет (оценка Тейла-Сена), начало проявления статистически значимого потепления климата Камчатки относится к 1989 г. Полученные результаты характеризуют основные тенденции изменений климата Камчатского края и будут использованы для создания регионального сценарного климатического прогноза.

Ключевые слова: климатические модели, среднегодовая температура воздуха, Камчатский край, региональный климат, межмодельная вариабельность

Для цитирования: Тананаев Н.И., Тимофеев М.А. Оценка изменчивости климатических моделей температуры на территории Камчатского края// Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 48–61. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_4.

Assessment of the mean annual air temperature variability in climate models for the Kamchatsky Krai

Nikita I. TANANAEV^{1,2}

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
tanni@s-vfu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2997-0169>

Maxim A. TIMOFEEV²

engineer-researcher, Postgraduate student
m.a.timofeev@s-vfu.ru

¹ Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

² North-Eastern Federal University named M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia

Abstract. This research studies the results of the reproduction of the contemporary climate of the Kamchatsky Krai by the CMIP6 (Climate Model Intercomparison Project, phase 6) global climate models in the ‘historical’ experiment (69 models). The data on near-surface air temperature in monthly resolution, averaged by years and forming mean annual air temperature (MAAT) time series within the administrative boundaries of Kamchatsky Krai are used. The MAAT value across all models is -5.3 ± 2.6 °C (median and interquartile range) for the 1961–1990 period, -4.6 ± 3.0 °C for the 1981–2010 period, and inter-period MAAT change is assessed to be $+0.8 \pm 0.3$ °C. The pool of models was divided into three groups based on the MAAT value in the reference period (1961–1990): cold (14 models), medium (38 models), and warm (17 models). All temperature groups of the models also agree in estimating the modern warming of Kamchatka’s climate within the range from $+0.73$ to $+0.78$ °C between the 1961–1990 and 1981–2010 periods. We also performed the analysis of differences between model families, each including one or several, up to 12, model variants including those differing in parametrization (physics) or initial forcing. It is shown that the difference within a single family of climate models can be higher than between families and is determined by particular ways of reproducing heat and mass transfer in the ocean and parameterization of the climatic function of atmospheric aerosols. Statistical assessment of the MAAT time series was performed both on regional average basis and for each model cell in the original resolution of each climate model. The majority of models reproduce a statistically significant upward MAAT trend from $+0.4$ to $+0.45$ °C per decade (Theil-Sen estimate). Regional warming in the Kamchatka region becomes statistically significant around 1989 (Pettitt test). The results of the present study quantify the leadind trend of MAAT increase in Kamchatsky Krai and will be used in the development of the regional scenario-based climate projections.

Keywords: climate models, mean annual air temperature, Kamchatsky Krai, regional climate, inter-model variability

For citation: Tananaev N.I., Timofeev M.A. Assessment of the mean annual air temperature variability in climate models for the Kamchatsky Krai. *Pacific Geography*. 2025;(4):48-61. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_4.

Введение

Современное потепление климата на территории Камчатского края следует в тренде глобального роста среднегодовой и сезонной температуры воздуха. При этом оно имеет интенсивность вдвое большую, чем в среднем по Северному полушарию [1–3], сопровождается уменьшением скорости ветра [3] при отсутствии значимых тенденций в изменении годовой и сезонной суммы атмосферных осадков [2]. Изменение климатических переменных неравномерно распределено по территории края, что определяется географией

ческим положением региона, имеющего меридиональную ориентацию и сложный вулканический рельеф, и влиянием окружающих морей [4].

Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата нередко связаны с негативным воздействием на условия жизни человека и функционирования инженерных систем, наиболее уязвимыми к которому в первую очередь оказываются наиболее удаленные регионы и поселения, ресурсы которых недостаточны для реагирования на климатические кризисы [5]. Многочисленные потенциальные факторы риска включают, помимо увеличения температуры воздуха, также уменьшение годовой и сезонной суммы осадков, изменение сроков замерзания и вскрытия рек, уменьшение продолжительности стояния снежного покрова. Климатические изменения вызывают сопряженную трансформацию экосистем Камчатки, пока незначительную, но уже находящую подтверждение в опросах коренных жителей районов полуострова [6], существует, в частности, угроза влияния этих изменений на условия воспроизводства лососевых рыб.

Современный климат Камчатки по-прежнему изучен слабо, основные материалы и описания изложены в обобщениях [3, 4] и опираются на точечные данные метеостанций Камчатского УГМС, которые лишь отчасти учитывают огромное природно-климатическое разнообразие региона. Модели реанализа использовались фрагментарно для описания климата отдельных районов Камчатки (бассейн р. Пенжина) и показали хорошее воспроизведение общих тенденций климатических флуктуаций при существенных систематических погрешностях [7]. Глобальные климатические модели – важный инструмент для построения климатических проекций будущего, однако для территории севера Сибири и Дальнего Востока детальный анализ моделей реанализа и результатов климатического моделирования практически не выполнялся, есть лишь несколько работ [8–10]; качество воспроизведения современного климата Камчатки этими моделями остается неопределенным.

Реагирование на опасности, связанные с изменениями климата, как и использование потенциально возникающих преимуществ, требует регионального планирования адаптационных мероприятий [11]. Необходимость в дополнительном внимании при планировании мер адаптации на территории Камчатки отмечена в исследовании [12], посвященном сценарной оценке погодно-климатической комфортности на территории России до 2050 г. Глобальные климатические модели, при всех связанных с их использованием неопределенностях, единственный на данный момент физически обоснованный инструмент прогнозирования будущих изменений климата. В шестой фазе проекта сравнения климатических моделей CMIP6 (Climate Model Intercomparison Project) представлены 134 модели (включая варианты одной модели), разрабатываемые в 53 исследовательских центрах по всему миру. Точность воспроизведения регионального климата различается от модели к модели, что приводит к необходимости отбора оптимальных моделей и построению их региональных ансамблей [10, 13].

Полуостров Камчатка располагается в умеренном климатическом поясе; северная, материковая часть края – в субарктическом поясе. Климат Камчатки формируется под влиянием радиационных и циркуляционных факторов, а также окружающих морей [4]. Северные районы находятся в области влияния отрогов Сибирского антициклона [7], для южных районов ведущую роль играет циклоническая циркуляция зимнего периода, когда над территорией региона проходит около половины из более 100 циклонов [4, 14]. Ошибочно считается [1], что на западном побережье Камчатки среднегодовая температура воздуха выше, чем на восточном, вследствие тепляющего влияния океанической циркуляции. По литературным данным, однако, тепляющее влияние Берингова моря и Тихого океана значительно больше, чем Охотского моря, которое оказывает, скорее, охлаждающее влияние на протяжении большей части года [4, 15]. В связи с этим восточное побережье систематически оказывается теплее западного, особенно в южной части полуострова. В любом случае, внутригодовая и многолетняя изменчивость термического режима прилегающих акваторий – один из существенных факторов, влияющих на среднегодовую температуру приземного воздуха Камчатского края.

Характерные черты климата края – избыточная увлажненность, умеренно холодный температурный режим, сильные ветры, преобладание пасмурной погоды, длинные многоснежные зимы. По данным Камчатского УГМС, значение среднегодовой температуры воздуха (СГТВ) меняется от -8°C на севере до $+2^{\circ}\text{C}$ на юго-восточном побережье; положительная СГТВ фиксируется лишь в южной половине восточного побережья и на крайнем юго-западе Камчатки [1–4]. Снег лежит на большей части региона свыше 200 дней в году, а значительный объем выпадающего снега делает Камчатку самым многоснежным регионом России [16].

Начиная с 1980-х гг. на территории полуострова Камчатка по данным десяти репрезентативных метеостанций отмечается увеличение роста СГТВ с интенсивностью до $+0.37^{\circ}\text{C}/10$ лет [1, 2]. Положительный тренд за последние 60 лет был обнаружен в данных всех рассмотренных метеостанций. В конце 1980-х гг. в ведении Камчатского УГМС находилось 58 станций, но из-за сокращения финансирования в 1990-х гг. к настоящему времени удалось сохранить лишь 34 станции, которые проводят метеорологические наблюдения, и только 15 из них имеют продолжительность наблюдений больше 80 лет. Данный факт указывает на необходимость применения реанализа и климатических моделей для обеспечения климатической информацией при планировании мероприятий по адаптации к изменениям климата. Согласно докладу [17], территория Камчатки попадает в перечень областей, где в середине XXI в. ожидается увеличение непрерывной продолжительности засушливых периодов; ожидается учащение проявления других климатических рисков [18].

Данная работа посвящена анализу воспроизведения полей СГТВ на территории Камчатского края глобальными климатическими моделями проекта CMIP6, описанию межмодельной изменчивости и значимости тенденций изменения СГТВ. Полученные результаты будут использованы для подбора оптимального ансамбля климатических моделей для территории Камчатского края, лягут в основу регионального климатического прогноза, послужат основанием для планирования адаптационных мероприятий в регионе и разработки документов стратегического планирования.

Материалы и методы

В работе использованы данные 69 глобальных климатических моделей проекта CMIP6, полученные из официального репозитория [19], для переменной *tas* (приземная температура воздуха), эксперимент *historical*, с временным разрешением один месяц, за период с 1960 по 2014 г. (финальный год модельных расчетов в данном эксперименте). Модели использовали различные календари (модельный год имеет 365 или 360 дней, отличается учетом високосных лет) и имели разное пространственное разрешение: от 50 км у модели CNRM-CM6-1-HR (Франция) до 500 км у модели MIROC-ES2L (Япония). Область исследований ограничена районом от 48° до 66° с.ш., от 150° до 178° в.д.

Конфигурация климатических моделей CMIP6 кодируется четырьмя индексами: *r* – реализация, *i* – метод инициализации, *p* – версия параметризации физических процессов, *f* – форсинг, набор начальных и граничных условий. В данной работе использованы преимущественно базовые варианты моделей *r1ilp1f1*, однако в анализ включены также варианты с альтернативными параметризациями (например, физики облаков) и форсингом. Такие варианты кодируются другими цифрами после соответствующих индексов. Так, указание в тексте работы на вариант модели ‘*r4*’ соответствует конфигурации *r1ilp4f1*, на вариант модели ‘*f2*’ – конфигурации *r1ilp1f2*.

Автоматизированная обработка модельных данных и построение растровых покрытий для дальнейшего анализа выполнено в RStudio, среде разработки для языка R, с помощью авторских скриптов, разработанных в лаборатории по изучению климата и экосистем северных регионов СВФУ им. М.К. Аммосова. Расчет средней по территории Камчат-

ского края СГТВ выполнялся с помощью функции *exact_extract()* пакета ‘*exactextractr*’ [20] для периодов 1961–1990 гг. (базовый) и 1981–2010 гг. (современный); также рассчитывалось изменение СГТВ между периодами. Для каждой модели был также построен временной ряд значений СГТВ для территории Камчатского края и для каждой модельной ячейки за период с 1961 по 2010 гг. Для детального анализа по данным базового периода (1961–1990 гг.) климатические модели разделены на группы: холодная, средняя, теплая; использовались значения μ – медианное значение СГТВ, °C; IQR – межквартильный размах (IQR, $Q3 - Q1$) по множеству моделей, °C. К средней группе отнесены модели, у которых значение СГТВ попадает в диапазон между $Q1$ (25 %) и $Q3$ (75 %); к группе «холодных» – модели с $СГТВ < Q1$; к группе «теплых» – модели с $СГТВ > Q3$. Данный подход основан на квартилях эмпирического распределения, выгодно отличается универсальностью и возможностью применения для любых метеопараметров.

Анализ временных рядов СГТВ, средних по региону и в каждой модельной ячейке, проводился для оценки: 1) нормальности (критерий Шапиро-Уилка); 2) стационарности (критерий Манна-Кендалла); 3) величины тренда для пикселей, в которых ряды найдены нестационарными (оценка Тейла-Сена); 4) наличия нарушения стационарности в форме «разрыва» (тест Петтитта). Использованы пакеты ‘*stats*’ и ‘*trend*’ для среды программирования RStudio, функции *shapiro.test()*, *mk.test()*, *sens.slope()*, *pettitt.test()* соответственно.

Результаты и их обсуждение

Среднегодовая температура воздуха

Камчатский край в представлении глобальных климатических моделей – регион с отрицательной СГТВ (в среднем по территории). В базовом периоде (1961–1990 гг.) медианное значение СГТВ Камчатки (по пулу моделей) $\mu = -5.3$ °C, при $IQR_{1961-1990} = 2.6$. В современном периоде (1981–2010 гг.) $\mu = -4.5$ °C, $\sigma_{1981-2010} = 2.60$. Изменение СГТВ между периодами, таким образом, оценивается моделями в $+0.8$ °C, что соответствует выводам работы [3]. Межмодельная вариабельность, оцененная по межквартильному размаху, велика, но значительно больше – абсолютный разброс значений СГТВ, от $+0.1$ °C (модель MIROC-ES2L f2, 1981–2010) до -14.1 °C (модель GISS-E2-2-G p3, 1961–1990) (табл. 1). Все модели, кроме одной, показывают значение СГТВ Камчатского края существенно ниже нуля в обоих периодах.

Подавляющее большинство моделей воспроизводят положительное изменение СГТВ между периодами Δt , в том числе восемь моделей – изменение СГТВ, превышающее $+1$ °C (CESM2-FV2, CMCC-CM2-SR5, CNRM-CM6-1, E3SM-1-0, EC-Earth3, GISS-E2-1-G, GISS-E2-2-H, KACE-1-0-G). Медианное значение Δt по множеству моделей равно $+0.8$ °C, межквартильный размах $+0.3$ °C; полученное значение также соответствует ранее опубликованным [3]. Следуя подходу, изложенному в методической части, к числу наиболее достоверных отнесем модели со значениями Δt в интервале от $+0.6$ до $+0.9$ (от $Q1$ до $Q3$). При отборе моделей для регионального ансамбля дополнительно необходимо учитывать пространственную изменчивость характеристики Δt по территории Камчатского края.

Единственная модель, воспроизводящая в историческом эксперименте устойчивый климат с $\Delta t = 0$ – вариант p4 модели EC-Earth3-AerChem. Это слабо документированный вариант, основанный на альтернативной физике p4, ядро которой – результаты европейского проекта FORCES; в ней учтены и параметризованы некоторые дополнительные процессы, в частности, формирование аэрозолей при волнении моря, и факторы, например, минеральный состав атмосферной пыли и ее оптические свойства (краткий обзор модификаций приведен в отчете FORCES [21, с. 33], полное описание на данный момент не опубликовано).

При распределении по температурным группам к «средним» было отнесено 35 модельных вариантов, к «холодным» – 17, к «теплым» – 17. Отметим, что такое разделе-

Таблица 1

Средние температуры в базовом и современном периодах и изменение температуры между ними

Table 1. The average temperatures in the reference and modern periods and the temperature change between them

Модель	$t_{1961-1990}$	$t_{1981-2010}$	Δt	Модель	$t_{1961-1990}$	$t_{1981-2010}$	Δt
ACCESS-CM2	-6.7	-6.2	0.5	FGOALS-g3	-7.5	-6.8	0.6
ACCESS-ESM1-5	-5.1	-4.1	0.9	FIO-ESM-2-0	-6.3	-5.5	0.8
AWI-CM-1-1-MR	-4.1	-3.4	0.7	GISS-E2-1-G	-9.2	-8.1	1.1
AWI-ESM-1-1-LR	-5.2	-4.6	0.6	GISS-E2-1-G f2	-9.4	-8.6	0.8
BCC-CSM2-MR	-6.5	-6.2	0.3	GISS-E2-1-G f3	-9.6	-8.8	0.8
BCC-ESM1	-6.4	-5.9	0.5	GISS-E2-1-G p3	-8.0	-7.0	0.9
CAMS-CSM1-0	-6.5	-6.3	0.2	GISS-E2-1-G p5	-8.1	-7.3	0.9
CAMS-CSM1-0 f2	-6.5	-5.8	0.7	GISS-E2-1-H	-2.3	-1.7	0.7
CESM2-FV2	-5.3	-4.1	1.3	GISS-E2-1-H f2	-3.2	-2.3	0.9
CESM2-WACCM-FV2	-4.9	-4.1	0.9	GISS-E2-1-H p3	-1.3	-0.7	0.7
CESM2-WACCM	-5.0	-4.1	0.9	GISS-E2-1-H p5	-2.2	-1.6	0.5
CESM2	-4.4	-3.5	0.8	GISS-E2-2-G	-13.2	-12.5	0.7
CIESM	-2.7	-2.0	0.8	GISS-E2-2-G p3	-14.1	-13.6	0.4
CMCC-CM2-HR4	-3.9	-3.1	0.8	GISS-E2-2-H	-7.1	-6.0	1.2
CMCC-CM2-SR5	-4.5	-3.2	1.3	HadGEM3-GC31-MM f3	-6.1	-5.9	0.2
CMCC-ESM2	-4.7	-3.8	1.0	IITM-ESM	-2.6	-2.1	0.5
CNRM-CM6-1-HR f2	-5.5	-4.5	0.9	INM-CM4-8	-6.0	-5.4	0.6
CNRM-CM6-1 f2	-4.5	-3.1	1.3	INM-CM5-0	-3.9	-3.1	0.8
CNRM-ESM2-1 f2	-3.0	-2.5	0.5	IPSL-CM6A-LR-INCA	-2.9	-2.0	0.8
CanESM5-1	-3.2	-2.3	0.9	IPSL-CM6A-LR	-3.0	-2.3	0.7
CanESM5-1 p2	-3.0	-2.2	0.9	KACE-1-0-G	-6.5	-5.5	1.1
CanESM5-CanOE p2	-3.0	-2.1	1.0	MIROC-ES2H p4	-2.5	-1.7	0.8
CanESM5	-2.6	-1.6	0.9	MIROC-ES2L f2	-0.4	0.1	0.5
CanESM5 p2	-3.0	-2.1	1.0	MIROC6	-1.3	-0.9	0.4
E3SM-1-0	-4.5	-3.4	1.1	MPI-ESM-1-2-HAM	-6.5	-6.1	0.5
E3SM-1-1-ECA	-6.5	-5.8	0.8	MPI-ESM1-2-HR	-4.7	-4.2	0.5
E3SM-1-1	-5.8	-5.0	0.8	MPI-ESM1-2-LR	-5.9	-5.0	0.9
E3SM-2-0	-5.4	-4.8	0.6	NESM3	-6.9	-6.1	0.8
EC-Earth3-AerChem	-6.5	-5.8	0.7	NorCPM1	-10.6	-9.9	0.6
EC-Earth3-AerChem p4	-8.3	-8.3	0.0	NorESM2-LM	-4.6	-3.8	0.8
EC-Earth3-CC	-5.2	-4.3	0.9	NorESM2-LM p4	-4.4	-3.7	0.7
EC-Earth3-Veg-LR	-7.3	-6.5	0.9	NorESM2-MM	-6.1	-5.3	0.8
EC-Earth3-Veg	-6.1	-5.3	0.8	SAM0-UNICON	-9.0	-8.3	0.7
EC-Earth3	-7.3	-5.9	1.4	TaiESM1	-8.4	-7.6	0.8
FGOALS-f3-L	-4.8	-4.0	0.8				

ние – относительное и условное, свойственно только пространству модельного пула, а не физической реальности; модели признаются теплыми или холодными относительно друг друга, а не реальных климатических условий. Обоснованное разделение может быть сделано, например, на сопоставлении модельной СГТВ (средней по региону) со значением, определенным по данным климатического реанализа.

Сравнение основных статистических характеристик температурных групп приведено в табл. 2; минимальные и максимальные значения средне-региональной СГТВ t_{min} и t_{max} определены по временным рядам с 1961 по 2010 г. по множеству моделей, попадающих в данную группу, и относятся к конкретному году.

Сравнение параметров климатических моделей по группам
Table 2. Comparison of climate model parameters by groups

Группа	Период 1961–1990 гг.				Период 1981–2010 гг.			
	$t_{cp}, ^\circ\text{C}$	σ	t_{min}	t_{max}	$t_{cp}, ^\circ\text{C}$	σ	t_{min}	t_{max}
Теплая	-2.49	1.18	-5.32	+1.92	-1.76	1.13	-4.73	+3.12
Средняя	-5.40	1.26	-9.09	-1.28	-4.62	1.40	-8.09	-0.27
Холодная	-8.86	2.26	-15.97	-4.94	-8.09	2.39	-15.97	-2.65

К «теплой» группе относится 17 модельных вариантов. В этой группе, в данных MIROC-ES2L f2, значение t_{max} выше $0\text{ }^\circ\text{C}$ отмечается как в базовом периоде ($t_{max} = +1.92\text{ }^\circ\text{C}$, 1983 г.), так и в современном ($t_{max} = +3.12\text{ }^\circ\text{C}$, 2000 г.). Две другие модели, GISS-E2-1-H r3 и MIROC6, также воспроизвели СГТВ выше $0\text{ }^\circ\text{C}$ хотя бы в один год в обоих периодах. Также четыре модели показали максимальную СГТВ выше $0\text{ }^\circ\text{C}$ только в современном периоде: GISS-E2-1-H, IPSL-CM6A-LR-INCA, ИТМ-ESM, MIROC-ES2H r3. Минимальные СГТВ моделей теплой группы находятся в области значений t_{cp} средней группы (рис. 1).

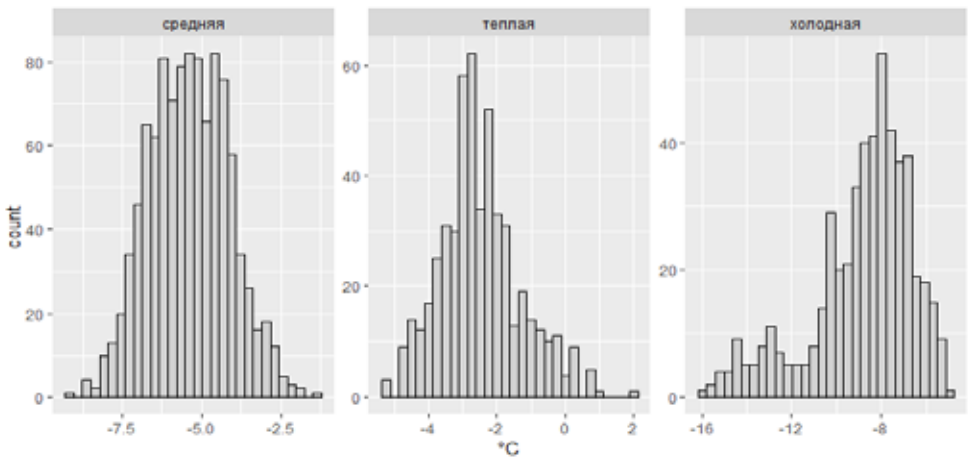


Рис. 1. Гистограммы распределения значений средне-региональных СГТВ по временным рядам с 1961 по 1990 г. (базовый период) по температурным группам

Fig. 1. Histograms of the distribution of climate models by groups in the base period

Средняя группа модельных вариантов – наиболее многочисленная. В ней максимальная СГТВ по обоим периодам находится в области ниже $0\text{ }^\circ\text{C}$, а минимальная СГТВ в свою очередь – в области средних значений t_{cp} «холодной» группы.

К «холодной» группе относятся 14 модельных вариантов. Данная группа моделей воспроизводит нереалистично холодный климат Камчатки, что может быть связано с особенностями модельного представления атмосферных аэрозолей и их взаимодействия с облачностью [22], но также чувствительностью моделей к изменению атмосферной концентрации парниковых газов, реакцией ледяного покрова Северного Ледовитого океана или иными причинами. Минимальная СГТВ, равная $-15.97\text{ }^\circ\text{C}$, отмечена в 1987 г., который относится как к базовому, так и современному периоду, у модели GISS-E2-2-G с альтернативной параметризацией r3, в которой для описания атмосферных аэрозолей используется нестандартный модуль OMA (One-Moment Aerosol) [23].

Температурные группы моделей различаются не только средними значениями СГТВ, но и величиной стандартного отклонения в их временных рядах, которое увеличивается от теплых моделей к холодным и от базового периода к современному. Последний факт го-

ворит о возрастании неустойчивости модельного климата в современных условиях. Максимальная СГТВ прирастает в модельных группах медленнее, чем максимальная; этого логично ожидать в условиях потепления климата и прироста t_{cp} .

Точность воспроизведения климатической динамики моделями CMIP6 оказывается выше точности воспроизведения абсолютных значений основных климатических переменных. Вне зависимости от группировки среднее по группе изменение СГТВ между периодами находится в интервале от +0.7 до +0.8 °C (см. табл. 2), что соответствует значению, определенному по полному множеству моделей (см. выше). При этом разброс значений Δt наибольший в группе «холодных» моделей, от +0.04 до +1.4 °C, несколько меньше – в средней группе, от +0.15 до +1.34 °C, наименьший – в группе «теплых» моделей, от +0.38 до +0.97 °C.

В соответствии с описанными выше характеристиками (см. табл. 2), модальное значение средне-региональной СГТВ для группы средних моделей в базовом периоде находится в районе –5 °C, для «теплых» моделей – около –2.5 °C, для «холодных» – около –8 °C (рис. 1).

Принадлежность модели к той или иной температурной группе может определяться рядом факторов, однако для Камчатского края как приморского региона [4], по всей видимости, важную роль играет качество воспроизведения температуры поверхности океана (ТПО). Гистограмма распределения СГТВ «холодной» группы характеризуется выраженной бимодальностью. Вторая мода в области значений СГТВ от –13 до –14 °C связана с модельными вариантами GISS-E2-2-G, использующими модуль циркуляции океана GISS Ocean GO1 [24]. Отметим, что воспроизводимые значения СГТВ как минимум в одной модельной семье зависят от описания океанических процессов. В данных других моделей структура температурного поля над полуостровом также тесно связана с процессами в прилегающей акватории и особенностями их описания (рис. 2). Исходное пространственное разрешение приведенных на рисунке моделей одинаково и составляет 250 км, однако они используют разные «океанические» модули (MICOM1.1, FESOM 1.4, COCO4.9 на рис. 2а–в, соответственно), существенно разное пространственное распределение ТПО и СГТВ в южной части полуострова.

Высокие значения ТПО в Охотском море и на западе Северной Пацифики определяют и высокие значения СГТВ в южной и центральной части полуострова; это отепляющее влияние может распространяться и на материковую часть Камчатского края (см. рис. 2б,в).

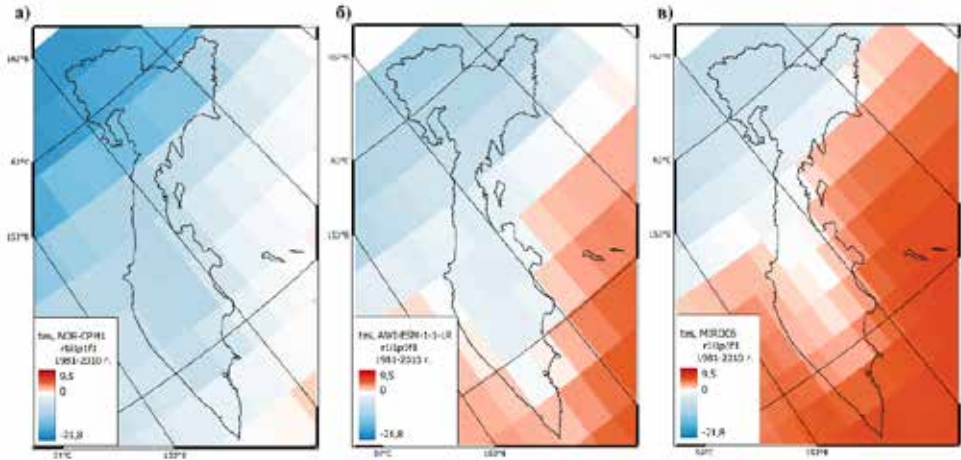


Рис. 2. Пространственное распределение СГТВ в современном периоде (1981–2010 гг.): а) холодная модель Nor-CPM1, б) средняя модель AWI-ESM-1-1-LR, в) теплая модель MIROC6

Fig. 3. Spatial distribution of the average annual temperature in the period 1981–2010. а) Nor-CPM1, б) AWI-ESM-1-1- LR, в) MIROC6

В связи с этим анализ модельной динамики ТПО по ключевым участкам акватории представляется перспективным направлением исследований, так как этот параметр имеет значение для оценки качества воспроизведения СГТВ, а также самостоятельную значимость как один из параметров, влияющих на рыбопродуктивность акваторий Камчатского края, где рыбная отрасль – краеугольный камень экономики региона. По нашему мнению, значительная доля неопределенности модельных оценок пространственно-временной изменчивости СГТВ на территории Камчатского края связана именно с воспроизведением теплового баланса и тепломассопереноса в акватории прилегающих к побережью Камчатки Охотского и Берингова морей, а также Тихого океана.

Статистика модельных семейств

Климатическое моделирование интенсивно развивается в последние десятилетия, модельное разнообразие велико, при этом многие модели используют одинаковые расчетные модули, а «генеалогия кода» описана недостаточно детально [25]. Возникает вопрос о независимой ценности результатов, относящихся к модельным выходам одного семейства, различающимся архитектурой расчетных модулей или иными параметрами. Нами рассмотрены различия между 27 модельными семействами, выделенными по организации-разработчику модели. Девять модельных семейств включают три модели и более (самое многочисленное – семейство GISS), восемь семейств – два модельных варианта, и десять – представлены только одной моделью (рис. 3). Каждая линия на графике соответствует одному модельному варианту.

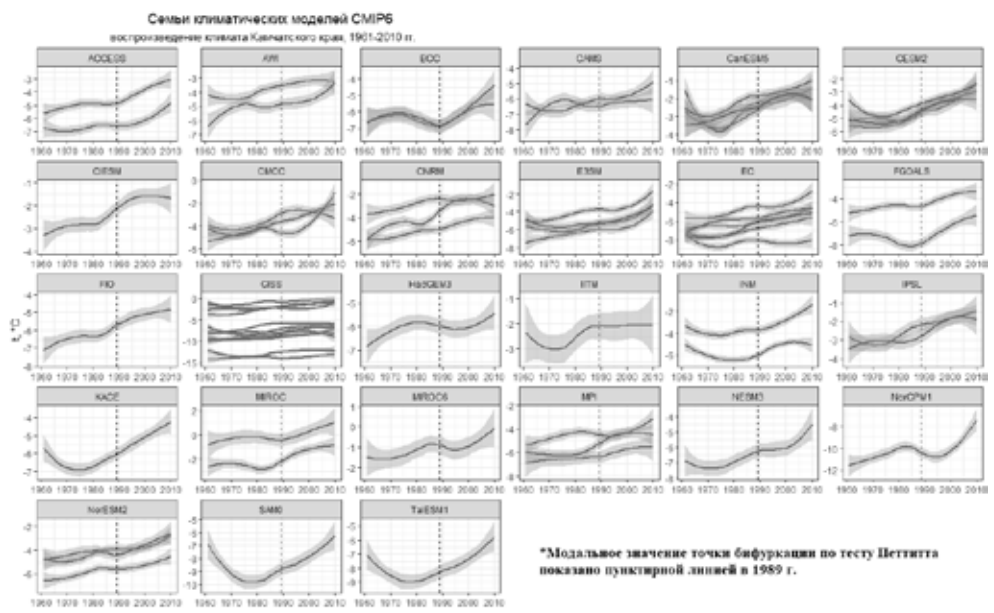


Рис. 3. Временные ряды средне-региональной СГТВ на территории Камчатского края в 1961–2010 гг., воспроизведенные различными семействами климатических моделей

Fig. 3. Dynamics of the average annual air temperature in the Kamchatka Territory, from 1961–2010, by families of climate models

Некоторые семейства представлены разными версиями одной модели, как, например, модель Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН (INM-CM4-8 и INM-CM5-0); в некоторых случаях модельные варианты различаются наборами параметризаций и составом модулей (модели семейства EC-Earth3 или CESM2 и CESM2-WACCM) или параметрами расчетной сетки (CESM2 и CESM2-FV2).

Межмодельные различия внутри семейств характеризуются разнообразием паттернов (рис. 3). Они могут быть крайне существенными, как в семействах ACCESS и FGOALS, а могут быть несущественными, как в семействах BCC и IPSL. В семействе GISS отмечается значительная разница между вариантами, фактически – их разделение по трем температурным группам, однако внутри этих групп межмодельные различия сравнительно невелики.

Обсуждение модельных семейств и их различий мотивируется дискуссией о «модельной демократии», иначе говоря – о ценности и равнозначности вклада каждого модельного выхода для более полного и точного описания прогнозируемой реальности в условиях, когда многие модели объединены использованием одних и тех же параметризаций, модулей и фрагментов кода и не могут считаться полностью независимыми реализациями климатического процесса [26]. Выходом из ситуации предполагается использование дискриминированных, или взвешенных ансамблей, хотя выбор конкретной метрики или показателя качества также сталкивается с затруднениями методического характера [27].

Анализ временных рядов в модельных ячейках

Нормальность распределения исследуемой выборки – одно из основных условий применения параметрических статистических методов, по этой причине в первую очередь проводилась проверка нормальности распределений значений СГТВ. Расчет выполнялся для двух временных периодов, для каждой модельной ячейки и для каждой климатической модели. Установлено, что для всех моделей p -значение теста Шапиро-Уилка превышает критический уровень 0.05, поэтому гипотеза нормальности рядов не отклоняется.

Проверка на наличие монотонного тренда (тест Манна-Кендалла) показывает, что таковой присутствует в рядах средне-региональной СГТВ за 1961–2010 гг. по основной массе моделей. Только четыре модельных варианта не указывают на стационарность в некоторых или всех пикселях, p -значение теста больше 0.05 (CAMS-CSM1-0, EC-Earth3-AerChem r4, HadGEM3-GC31-MM f3, ITM-ESM). Несколько моделей воспроизводят отсутствие тренда в северной, материковой части Камчатского края, демонстрируя монотонный тренд на большей части полуострова, подверженной морскому влиянию.

Некоторые модели воспроизводят возрастание СГТВ в течение всего периода, некоторые, особенно относящиеся к «холодной» группе, показывают ход СГТВ, близкий к параболическому: похолодание в базовом периоде сменяется резким потеплением в современном периоде. Здесь отметим, что именно такие модели (например, KACE, SAM0-UNICON, TaiESM1) сравнительно точно воспроизводят период низких температур, который по данным метеостанций относится к 1970-м гг. [1]. Минимум СГТВ в 1970-х гг., воспроизводимый некоторыми «холодными» моделями, соответствует по времени периоду глобального максимума содержания антропогенных сульфатов [28] и может быть связан с параметризациями облачности, в которых сульфаты играют роль центров нуклеации. Без детальной атрибуции неизвестно, каким конкретно фактором управлялось снижение СГТВ в этот период: реакция на внешний форсинг (атмосферная химия), изменчивость стохастического характера, взаимодействия между атмосферой и океаном или другие причины.

В этой связи возникает вопрос о времени начала статистически значимых изменений климата на территории региона. Большинство моделей демонстрируют степ-тренд, или нарушение стационарности в форме «разрыва» на уровне $p < 0.05$ в большинстве модельных пикселей (тест Петтитта). Пространственное распределение p -значений теста Петтитта выглядит однородно, исключения отмечаются у незначительного числа моделей. Нарушение стационарности приходится на вторую половину 1980-х гг. (см. рис. 3), модальное значение точки бифуркации по всему пулу моделей приходится на 1989 г., что сходится с другими региональными обобщениями [29]. В разрезе температурных групп оно меняется от 1987 г. в группе «холодных» моделей до 1990 г. в группе «теплых» моде-

лей и до 1998 г. у средних моделей. Очевидно, ведущую роль здесь играет реактивность моделей и форма температурной кривой в базовом периоде (1961–1990 гг.).

Средняя величина тренда (оценка Тейла-Сена) за период 1961–2010 гг. по всему пулу моделей составляет $+0.44\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что несколько выше оценок, данных в работах [1–3], от $+0.2$ до $+0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Основной причиной различий, очевидно, следует считать разницу между трендами на метеостанциях и в модельных пикселях, с одной стороны, имеющих большое пространственное осреднение, с другой – закрывающих горные территории и те типы местностей, где сеть метеостанций особенно редка. Наименьший показатель у теплой модели GISS-E2-1-H р5 – $0.24\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, а наибольшую интенсивность тренда показывает модель из холодной группы EC-Earth3 – $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. При этом 14 моделей воспроизводят интенсивность тренда больше $+0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$; в их числе девять моделей средней группы, три – «холодной» и две – «теплой» группы.

Заключение и выводы

В работе выполнена оценка межмодельной вариабельности в воспроизведении климата Камчатского края в период с 1961 по 2010 г. глобальными климатическими моделями проекта CMIP6 (69 модельных вариантов). Выполнена группировка модельных вариантов по значению медианной СГТВ, анализ модельных семейств, проведен попиксельный анализ нормальности и стационарности рядов СГТВ, определена величина тренда для каждого пикселя каждой модели, рассчитаны средне-региональные значения данных параметров.

В современном периоде (1981–2010 гг.) медианная среднегодовая температура на территории Камчатского края по модельным данным составила $-4.6 \pm 2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Увеличение СГТВ относительно базового периода находится в интервале от $+0.7^{\circ}$ до $+0.8^{\circ}$, интенсивность потепления – от $+0.35$ до $+0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, что соответствует ранее опубликованным результатам, основанным на данных метеостанций [1–3]. Более высокая оценка величины тренда – от $+0.40$ до $+0.45\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, полученная методом Тейла-Сена в ходе анализа рядов в модельных ячейках, учитывает форму температурной кривой в период 1961–2010 гг. Климатический сдвиг в Камчатском крае в сторону потепления приходится на вторую половину 1980-х гг., модальное значение по модельному пулу – 1989 г.

Пул моделей разделен на температурные группы: «холодные», средние и «теплые» модели по значению медианной СГТВ и среднеквадратичной ошибки. Наибольший рост температуры показывают средние модели, а модели «теплой» группы значительно более консервативны. Некоторые «холодные» модели показывают себя более реактивными в отношении изменения атмосферного пула аэрозолей, предположительно – частиц сульфатов небольшого размера. Значимость модуля аэрозолей для корректного описания климатической динамики показывает модельный вариант EC-Earth3-AerChem р4 – единственный, в котором не воспроизводятся современные климатические изменения.

Климатическая динамика на территории Камчатского края в моделях CMIP6 следует глобальным тенденциям возрастания среднегодовой температуры воздуха вследствие радиационных факторов под сильным термическим влиянием Мирового океана. Основная неопределенность модельных оценок изменения среднегодовой температуры связана именно с воспроизведением теплового баланса и тепломассопереноса в акватории прилегающих к побережью Камчатки Охотского и Берингова морей, а также Тихого океана. На примере модельного семейства GISS показано, что воспроизводимые значения СГТВ по территории Камчатки, особенно в южной части полуострова, зависят от модуля описания океана, использованного в модели (GISS или HYCOM). Анализ пространственного распределения СГТВ других климатических моделях также указывает на существенную роль прилегающих акваторий в формировании температурного режима прибрежных территорий.

Полученные результаты важны для сборки регионального ансамбля глобальных климатических моделей для территории Камчатского края и создания сценарного климатического прогноза на период до 2100 г. Необходимым этапом должно стать также сопоставление модельных оценок с данными реанализа для их верификации, в частности, для оценки точности воспроизведения пространственных паттернов климатических изменений, как это сделано в работе [10] для территории Якутии. Выполнение такой верификации и публикация ее результатов планируются в будущем.

На данном этапе исследований уже можно предположить, что кроме оптимального ансамбля моделей и основанного на нем сценарного прогноза, для Камчатского края имеется возможность создавать целевые ансамбли, относительно преувеличивающие вклад одного конкретного фактора в климатическую динамику. Такими могут быть, например, сценарии высоких эмиссий при отсутствии мероприятий по митигации и контроля за атмосферными аэрозолями либо сценарии резкого потепления прилегающих акваторий.

Благодарности. Работа выполнена: в рамках программы Министерства науки и высшего образования РФ «Приоритет-2030. Дальний Восток» (национальный проект «Наука и университеты»), реализуемой ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга»; плана НИР Научно-исследовательской лаборатории по изучению климата и экосистем северных регионов ИЕН СВФУ по приоритетным направлениям Программы развития СВФУ им. М.К. Аммосова на 2024 и 2025 гг.

Acknowledgements. This research was conducted: under the framework of the program of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation “Priority-2030. Far East” (national project “Science and universities”), implemented by Vitus Bering Kamchatka State University; according to the research plan of the Laboratory of Climate and Northern Ecosystems Research, Institute of Natural Sciences, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov within the priority areas of the NEFU Development Program for 2024 and 2025 years.

Литература

1. Шкаберда О.А., Василевская Л.Н. Оценка изменений температуры воздуха на Камчатке за последние 60 лет // Вестник ДВО РАН. 2013. № 3 (169). С. 69–77.
2. Шкаберда О.А., Василевская Л.Н. Многолетняя изменчивость температурно-влажностного режима на полуострове Камчатка // Известия ТИНРО. 2014. Т. 178. С. 217–233.
3. Шкаберда О.А. Современные тенденции изменения климата Камчатки: Автореф. дис. ...канд. геогр. наук. Казань: КФУ, 2015. 22 с.
4. Кондратьев В.И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат, 1974. 204 с.
5. Emmerling J., Andreoni P., Charalampidis I. [et al.] A multi-model assessment of inequality and climate change // Nature Climate Change. 2024. Vol. 14. P. 1254–1260.
6. Чернягина О.А., Кириченко В.Е. Камчатский край. Климатические тренды, общественное восприятие изменений и отклик экосистем // Человек и природа в Сибири под ред. Э. Кастен. 2021. С. 201–236.
7. Шиловцева О.А., Шабанова Н.Н., Кононова Н.К. Изменения климата в бассейне реки Пенжины по второй половине XX – начале XXI в. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2015. Вып. 37. С. 21–32.
8. Тананаев Н.И. Подбор оптимальной модели климатического реанализа по среднегодовой температуре воздуха для территории Республики Саха (Якутия) // Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». 2023. № 2. С. 88–101.
9. Серых И.В., Трусенкова О.О. Изменение приповерхностной температуры Дальневосточного региона по данным реанализа ERA5 за 1940–2023 гг. и моделям CMIP6 до 2099 г. // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 48–62.
10. Tananaev N. Regional ensemble of CMIP6 climate models for Sakha (Yakutia) Republic, Northern Eurasia // Polar Science. 2024. Vol. 41. 101066.
11. Дьяков М.Ю., Михайлова Т.Р. Актуальные вопросы климатической адаптации Камчатского края // Научные труды ВЭО России. 2024. Т. 247. С. 390–414.
12. Макоско А.А., Матешева А.В., Емелина С.В. О тенденциях рисков для здоровья от загрязнения атмосферы и изменения погодно-климатической комфортности на территории России до 2050 года // Метеорология и гидрология. 2024. № 2. С. 107–119.
13. Анисимов О.А., Кокорев В.А. Об оптимальном выборе гидродинамических моделей для оценки влияния изменений климата на гидросферу // Лед и снег. 2015. Т. 53, № 1. С. 83–92.

14. Кацыка А.П., Скрипков Л.В. Климат Петропавловска-Камчатского // Вопросы географии Камчатки. Вып. 3. Петропавловск-Камчатский: Дальневосточное книжное издательство, 1965. С. 11–15.
15. Хен Г.В., Басюк Е.О., Сорокин Ю.Д. Термические условия на поверхности Берингова и Охотского морей в начале 21-го века на фоне полувековой изменчивости // Известия ТИНРО. 2008. Т. 153. С. 254–263.
16. Национальный атлас России: в 4 т. Т. 2. Природа. Экология. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nationalatlas.ru/tom2/146-150.html> (дата обращения: 15.12.2024).
17. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме // Наукоемкие технологии, 2022. 124 с.
18. План адаптации к изменениям климата Камчатского края [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minpriir.kamgov.ru/document/file/download?id=159212> (дата обращения: 15.04.2025).
19. Репозиторий климатических моделей CMIP6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://esgf-node.ipsl.fr/search/cmip6-ipsl/sgd> (дата обращения: 15.12.2024).
20. Baston, D. exactextractr: Fast extraction from raster datasets using polygons. R package version 0.10.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://CRAN.R-project.org/package=exactextractr> (дата обращения: 15.12.2024).
21. FORCeS. Constrained aerosol forcing for improved climate projections – GA825205. Final scientific summary report (D9.5). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://forces-project.eu/wp-content/uploads/2023/02/FORCeS_Midterm_Scientific_Report_2022.pdf (дата обращения: 15.04.2025).
22. Flynn C.M., Huusko L., Modak A., Mauritsen T. Strong aerosol cooling alone does not explain cold-biased mid-century temperatures in CMIP6 models // Atmospheric Chemistry and Physics. 2023. Vol. 23, is. 23. P. 15121–15133.
23. DeLessio M.A., Tsigaridis K., Bauer S.E. [et al.] Modeling atmospheric brown carbon in the GISS ModelE Earth system model // Atmospheric Chemistry and Physics. 2024. Vol. 24, is. 10. P. 6275–6304.
24. Rind D., Orbe C., Jonas J. [et al.] GISS Model E2.2: A climate model optimized for the middle atmosphere – Model structure, climatology, variability, and climate sensitivity // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2020. Vol. 125, is. 10. e2019JD032204.
25. Kuma P., Bender F.A.-M., Jönsson A.R. Climate model code genealogy and its relation to climate feedbacks and sensitivity // Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 2023. Vol. 15. e2022MS003588.
26. Knutti R. The end of model democracy? // Climatic Change. 2010. Vol. 102. P. 395–404.
27. Knutti R., Sedlacek J., Sanderson B.M. [et al.] A climate model projection weighting scheme accounting for performance and interdependence // Geophysical Research Letters. 2017. Vol. 44, is. 4. P. 1909–1918.
28. Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Изменчивость и взаимосвязь основных климатических индексов для северной части Тихого океана: тренды, климатические сдвиги, спектры, корреляции // Известия ТИНРО. 2019. Т. 199. С. 163–178.
29. Iizuka Y., Uemura R., Matsui H. [et al.] High flux of small sulphate aerosols during the 1970s reconstructed from the SE-Dome ice core in Greenland // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2022. Vol. 127, is. 17. e2022JD036880.

References

1. Shkaberda, O.A.; Vasilevskaya, L.N. Assessment of air temperature changes in Kamchatka over the past 60 years. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2013, 3(169), 69–77. (In Russian)
2. Shkaberda, O.A.; Vasilevskaya, L.N. Long-term variability of temperature and humidity conditions on the Kamchatka Peninsula. *Bulletin of TINRO*. 2014, 178, 217–233. (In Russian)
3. Shkaberda, O.A. Modern trends in climate change in Kamchatka. *Ph.D. Thesis Abstract*. Kazan University: Kazan, Russia. 2015; 22 p. (In Russian)
4. Kondratyuk, V.I. Climate of Kamchatka. Gidrometeoizdat: Moscow, Russia, 1974; 204 p. (In Russian)
5. Emmerling, J.; Andreoni, P.; Charalampidis, I. [et al.] A multi-model assessment of inequality and climate change. *Nature Climate Change*. 2024, 14, 1254–1260.
6. Chernyagina, O.A.; Kirichenko, V.E. Kamchatka region. Climate trends, public perception of changes and response of ecosystems. In *Man and Nature in Siberia* (edited by E. Kasten). BoD: Nordershtedt, Germany. 2021, 201–236. (In Russian)
7. Shilovtseva, O.A.; Shabanova, N.N.; Kononova, N.K. Climate changes in the Penzhina River basin in the second half of the 20th – early 21st centuries. *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean*. 2015, 37, 21–32. (In Russian)
8. Tananaev, N.I. Selection of the best-performing climate reanalysis model for the Sakha (Yakutia) Republic, based on mean annual air temperature. *Vestnik of North-Eastern Federal University Series "Earth Sciences"*. 2023, 2, 88–101. (In Russian)
9. Serykh, I.V.; Trusenkov, O.O. Change in surface air temperature in the Northeast Asia and Northwest Pacific from ERA5 reanalysis for 1940–2023 and CMIP6 models until 2099. *Pacific Geography*. 2025, 2, 48–62. (In Russian)
10. Tananaev N. Regional ensemble of CMIP6 climate models for Sakha (Yakutia) Republic, Northern Eurasia. *Polar Science*. 2024, 41, 101066.

11. Dyakov, M.Yu.; Mikhailova, T.R. Current issues of climate adaptation of the Kamchatka Territory. *Scientific works of the VEO of Russia*. 2024, 247, 390–414. (In Russian)
12. Makosko, A.A.; Matesheva, A.V.; Emelina, S.V. On trends in health risks from atmospheric pollution and changes in weather and climatic comfort in Russia until 2050. *Meteorology and hydrology*. 2024, 2, 107–119. (In Russian)
13. Anisimov, O.A.; Kokorev, V.A. On the optimal choice of hydrodynamic models for assessing the impact of climate change on the hydrosphere. *Ice and Snow*. 2015, 53(1), 83–92. (In Russian)
14. Katsyka, A.P.; Skripkov, L.V. Climate of Petropavlovsk-Kamchatsky. *Voprosy geografii Kamchatki*. 1965, 3, 11–15. (In Russian)
15. Khen, G.V.; Basyuk, E.O.; Sorokin, Yu.D. Thermal conditions on the surface of the Bering and Okhotsk seas at the beginning of the 21st century against the background of half a century of variability. *Bulletin of TINRO*. 2008, 153, 254–263. (In Russian)
16. National Atlas of Russia: in 4 volumes Vol. 2. Nature. Ecology. Available online: <https://nationalatlas.ru/tom2/146-150.html> (accessed on 15 December 2024). (In Russian)
17. The third assessment report on climate change and its consequences in the territory of the Russian Federation. General summary. Science-intensive technologies: St. Petersburg, Russia, 2022; 124 p. (In Russian)
18. Plan of adaptation to climate change of the Kamchatsky Krai. Available online: <https://minprir.kamgov.ru/document/file/download?id=159212> (accessed on 15 April 2025). (In Russian)
19. CMIP6 Climate Model Repository. Available online: <https://esgf-node.ipsl.upmc.fr/search/cmip6-ipsl/sgd> (accessed on 15 December 2024). (In Russian)
20. Baston, D. exactextractr: Fast extraction from raster datasets using polygons. R package version 0.10.0. Available online: <https://CRAN.R-project.org/package=exactextractr> (accessed on 15 December 2024).
21. FORCES. Constrained aerosol forcing for improved climate projections – GA825205. Final scientific summary report (D9.5) Available online: https://forces-project.eu/wp-content/uploads/2023/02/FORCES_Midterm_Scientific_Report_2022.pdf (accessed on 15 April 2025).
22. Flynn, C.M.; Huusko, L.; Modak, A.; Mauritsen, T. Strong aerosol cooling alone does not explain cold-biased mid-century temperatures in CMIP6 models. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2023, 23(23), 15121–15133.
23. DeLessio, M.A.; Tsigaridis, K.; Bauer, S.E. [et al.] Modeling atmospheric brown carbon in the GISS ModelE Earth system model. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2024, 24(10), 6275–6304.
24. Rind, D.; Orbe, C.; Jonas, J. [et al.] GISS Model E2.2: A climate model optimized for the middle atmosphere – Model structure, climatology, variability, and climate sensitivity. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2020, 125(10), e2019JD032204.
25. Kuma, P.; Bender, F.A.-M.; Jönsson, A.R. Climate model code genealogy and its relation to climate feedbacks and sensitivity. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 2023, 15, e2022MS003588.
26. Knutti, R. The end of model democracy? *Climatic Change*. 2010, 102, 395–404.
27. Knutti, R.; Sedlacek, J.; Sanderson, B.M. [et al.] A climate model projection weighting scheme accounting for performance and interdependence. *Geophysical Research Letters*. 2017, 44(4), 1909–1918.
28. Khen, G.V.; Ustinova, E.I.; Sorokin, Yu.D. Variability and interrelation of major climate indices for the Northern Pacific: trends, climate shifts, spectra, correlations. *Bulletin of TINRO*. 2019, 199, 163–178. (In Russian)
29. Iizuka, Y.; Uemura, R.; Matsui, H. [et al.] High flux of small sulphate aerosols during the 1970s reconstructed from the SE-Dome ice core in Greenland. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2022, 127(17), e2022JD036880.

Статья поступила в редакцию 17.04.2025; одобрена после рецензирования 15.07.2025; принята к публикации 21.07.2025.

The article was submitted 17.04.2025; approved after reviewing 15.07.2025; accepted for publication 21.07.2025.



Морское пространственное планирование в Китае

Василий Валерьевич ЖАРИКОВ¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
zhar@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9537-1597>

Алексей Сергеевич ЛАНКИН¹
помощник директора по внешнеэкономическим связям
alankin@tigdvo.ru

Эвелина Эльмиратовна АХМАЕВА²
ассистент
e.e.akhmaeva@utmn.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8694-8974>

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. По мере нарастания интенсивности мировых морехозяйственных связей в последние десятилетия все более актуальными становятся вопросы регламентации пользования морскими акваториями, разрешения конфликтов между пользователями морских акваторий, уменьшения воздействия на морскую среду с целью ее сохранения. Этот процесс идет как в рамках национальной юрисдикции отдельных морских государств, так и по линии международных организаций. В этой связи вызывает интерес опыт и подходы морских государств по выработке политики регулирования пользования морскими прибрежными акваториями. КНР обладает достаточно развитым и наиболее полным как по географическому охвату, так и по глубине регулирования национальным законодательством в области морского природопользования. Для РФ китайский опыт представляет интерес в силу того, что КНР, как и РФ, имеет протяженную морскую береговую линию, в т.ч. в пределах крупных морских бассейнов; относительную самостоятельность регионов; сходные черты формирования и соблюдения законодательства, имеющие унитарный характер, – от национального (федерального) до регионального (провинциального) и далее до муниципальных округов; целевые установки (помимо достижения экономических, социальных и экологических императивов также присутствуют вопросы охраны морских районов национальной юрисдикции и укрепления обороноспособности страны) и т.д. В статье рассматриваются особенности формирования политики КНР по регулированию системы многоуровневого управления и планирования пользования морскими акваториями, основанной на функциональном зонировании по определенным критериям. Выделены основные этапы этого процесса, проанализированы его сильные и слабые стороны как на этапе разработки планов, так и в процессе их реализации. Сделаны выводы о применимости китайского опыта при разработке и внедрении морского пространственного планирования в РФ.

Ключевые слова: морское пространственное планирование, морское функциональное зонирование, КНР

Для цитирования: Жариков В.В., Ланкин А.С., Ахмаева Э.Э. Морское пространственное планирование в Китае // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 62–76. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_5.

Marine Spatial Planning in China

Vasiliy V. ZHARIKOV¹

Candidate of Geographical Sciences, Leader research associate zhar@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9537-1597>

Aleksey S. LANKIN¹

Assistant director on international ties
alankin@tigdvo.ru

Evelina E. AKHMAEVA²

Assistant
e.e.akhmaeva@utmn.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8694-8974>

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS

²Tumen State University

Abstract. As the intensity of global maritime economic ties increases in recent decades, the issue of regulating the use of marine waters, resolving conflicts between users of marine waters, and reducing the impact on the marine environment for the purpose of its sustainability and preservation has become increasingly relevant. This process is taking place both within the framework of the national jurisdiction of individual maritime states and through international organizations. In this regard, the experience and approaches of maritime states in developing policies and other measures to regulate the use of coastal marine waters are of interest. The PRC has a developed and most comprehensive, in terms of both geographical coverage and depth of regulation, national legislation in the field of regulating marine nature management. The paper considers the specifics of the China's regulation policy on maritime waters use from the point of view of the multi-level governance and planning system based on functional zoning in accordance with a set of criteria. The main stages of this process are highlighted; the strengths and weaknesses of the Chinese version of marine spatial planning (MSP) both in the processes of its elaboration and implementation are analyzed. The main outputs of these processes are analyzed in view of with the current tasks on spatial governance and management of coastal and marine zones in Russia. The Chinese experience is of interest for Russia due to the presence of several similar initial premises, such as: the presence of an extended sea coastline and several large coastal sea basins; relative independence (federalism) of the regions; similar features of the formation and observance of legislation from national (federal) to regional (provincial) and then to municipal districts, coinciding targets (in addition to achieving economic, social and environmental imperatives, there are also issues of protecting marine areas of national jurisdiction and strengthening the country's defense capability), etc.

Keywords: marine spatial planning, marine functional zoning, PRC

For citation: Zharikov V. V., Lankin A.S., Akhmaeva E.E. Marine spatial planning in China. *Pacific Geography*. 2025;(4):62-76. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_5.

Введение

По экспертным оценкам доля мирового населения, проживающего на морских побережьях, составляет 50–70 % [1, 2]. В Европе и США более 40 % производства валового регионального продукта сосредоточено вокруг наиболее развитых прибрежных регионов [3]. Несмотря на то что прибрежная зона занимает менее 10 % площади суши, на нее приходится более 40 % общей стоимости глобальных экосистемных услуг [4]. Прибрежное положение во многом предопределяет траекторию социально-экономического

развития регионов, при этом связанная с морем деятельность, встроенная в его экономическую структуру, может выходить далеко за пределы береговой зоны. Представления о талассоаттрактивности [5] как масштабном притяжении населения и хозяйственной деятельности к морским побережьям [6, 7] считаются основополагающими составляющими анализа пространственной структуры прибрежно-морского природопользования и акваториального планирования.

Концентрация населения и деловой активности на морском побережье обуславливает локализацию инфраструктуры и тенденции развития прибрежных территорий. Часто это приводит к столкновению интересов природопользователей при выборе приоритетов развития и определении совместимости типов использования ресурсов и соответственно противоречиям в оценках антропогенного воздействия, при этом степень конфликтности может усиливаться в случае трансграничного характера проблем береговой зоны. Прибрежно-морская специфика конфликтов определяет необходимость особого инструментария для эффективного использования пространства и увеличения инвестиционной привлекательности акваторий и прибрежных регионов.

За рубежом разработка средств пространственной организации деятельности в прибрежно-морских районах началась более 40 лет назад. Принято считать, что опытом, во многом определившим развитие морского пространственного планирования (МПП), стал план зонирования морского парка Большого Барьерного рифа в Австралии [8], ориентированный главным образом на сохранение биоразнообразия и защиту морской среды [9].

С 90-х годов XX в. МПП быстро развивается в Европе и по всему миру как аналог территориального планирования для акваторий и инструмент реализации концепции комплексного управления прибрежными зонами. При этом, как отмечают некоторые авторы, по мере распространения МПП его природоохранные истоки и изначальная биоцентрическая ориентация становятся все менее акцентированными [10, 11]. Это происходило за счет возрастающей необходимости управления конфликтующими видами морского природопользования в районах с интенсивной эксплуатацией ресурсного потенциала. В настоящее время МПП представляет собой как инструмент управления, основанный на организации морского пространства, так и способ комплексной оптимизации взаимодействий между видами хозяйственной деятельности. Морские пространственные планы разрабатываются почти в 70 странах, расположенных на шести континентах и четырех океанских бассейнах [12].

В отличие от стран Европы, Австралии и Америки, азиатским государствам свойственны более традиционные подходы к управлению прибрежно-морскими зонами, различающиеся по совокупности основополагающих политических, социальных и юридических правил. Среди этих стран – Китай, создавший к настоящему времени оригинальную, развитую и совершенствующуюся систему МПП. Корни этой системы уходят более чем на 3000 лет назад к родоначальнику династии Чжоу, Вэнь-вану, установившему на государственном уровне периоды запрета на рыбную ловлю и назначившему чиновников, отвечающих за управление морскими промыслами. Свою роль сыграла и древнекитайская мистическая традиция фэншуй по организации пространства, которое в соответствии с законами мироздания пронизано потоками энергии ци, учет которых считался необходимым для благоприятствования любой деятельности.

В настоящее время почти десятая часть ВВП страны приходится на долю океанской и прибрежной экономики. Морские районы, находящиеся под национальной юрисдикцией, играют важную роль в экономическом развитии КНР и нуждаются в действенных механизмах пространственного планирования и управления [13]. Увеличение интенсивности использования прибрежных ресурсов, сопутствующий рост загрязнения морской среды и деградация прибрежных экосистем потребовали улучшения управления морским пространством в Китае. Подходы к пространственному планированию морского хозяйства разрабатывались и реализовывались в русле общенациональной стратегии управления территориями и акваториями. Цель данной публикации авторы видят в максимально обоб-

ценном, обзорном описании этих процессов, включающем анализ принципов морского функционального зонирования (МФЗ) в Китае, практик управления прибрежными и морскими районами и опыта, на базе которого здесь развивалось МПП. Результаты анализа соотнесены с актуальными задачами пространственного управления прибрежно-морскими зонами России.

Материалы и методы

Источниками информации о текущем состоянии управления прибрежными зонами и морского пространственного планирования в Китае стали научные публикации и открытые базы данных, документы специализированных национальных и международных организаций. Сведения о площади исключительных экономических зон, шельфа и районов прибрежного рыболовства получены из баз данных проекта Sea Around Us [14]. Длина береговой линии определена Институтом мировых ресурсов (World Resources Institute) на основе глобальной векторной карты береговых линий (масштаб 1 : 250 000). Детальные описания различных аспектов эволюции китайской системы МПП и ее основы – МФЗ, содержащие перечень законодательных актов, целей и достигнутых результатов, содержатся в достаточно многочисленных статьях, опубликованных китайскими авторами на английском языке.

Результаты и их обсуждение

Китай относится к крупнейшим морским странам мира, его прибрежные и морские акватории располагаются в Бохайском, Желтом, Восточно-Китайском, Южно-Китайском морях. Протяженность береговой линии, простирающейся в умеренной, субтропической и тропической климатических зонах, превышает 30 000 км. На береговую линию островов площадью свыше 500 км² (а их более 5000) в общей сложности приходится 46 % этой величины. Вдоль береговой линии расположено более 160 естественных гаваней, имеются несколько сотен километров глубоководных участков, удобных для строительства портовых сооружений и развития морского транспорта. На морских побережьях Китая насчитывается более 1500 мест с пейзажными ландшафтами, пригодных для развития морского туризма.

Прибрежные районы рыболовства – области, простирающиеся от берега на расстояние до 50 км, либо до изобаты глубины 200 м [15], занимают 412.5 тыс. км². Сюда входят и площади морских мелководий, используемых или потенциально пригодных для марикультуры.

В соответствии с Морской конвенцией ООН Китай, как и все приморские страны, обладает суверенным правом на континентальный шельф и правом юрисдикции на свои исключительные экономические зоны (ИЭЗ). Площадь ИЭЗ (включая территориальные воды) составляет 2 236.4 км², площадь шельфа (участки от берега до глубины 200 м) – 1 028 908 км². По данным Yu и Ji [16], 70 % морских акваторий провинциальной юрисдикции отведено для использования человеком, из них более 16 % приходится на промышленные и городские морские зоны.

История развития и реализации концепции МФЗ в Китае

Эксперты, обобщившие практику МПП [17, 18], обнаружили, что среди стран достигших ощутимого прогресса в этой области, КНР занимает особое место. Китайскую систему МПП с морским функциональным зонированием в качестве ядра относят к наиболее разработанному и результативным [19]. Здесь процесс развития МПП прошел от разработки основ до стадии интеграции в единую систему, объединяющую морское функ-

циональное зонирование, землепользование, городское и сельскохозяйственное планирование [20].

К концу 1970-х гг. страна столкнулась с серьезными вызовами и многочисленными проблемами, обусловленными нерациональной структурой прибрежной и морской индустрии, загрязнением акваторий и дефицитом пространственных ресурсов. Поиски решений привели к идее морского функционального зонирования (МФЗ), ставшей спустя почти 40 лет основой национальной модели МПП.

Зонирование в самом общем смысле – это разделение пространства на участки с различным целевым назначением и режимом использования. Морское функциональное зонирование в свою очередь – метод организации акваторий, заключающийся в определении состава функциональных зон, их границ и режимов. Историческую эволюцию МФЗ в Китае можно подразделить на следующие четыре этапа.

Возникновение и становление идеи МФЗ (1978–1986 гг.) В августе 1979 г. Государственный совет Китая одобрил проведение комплексного исследования состояния прибрежно-морских ресурсов по всей стране, которое было поручено Национальной комиссии по науке и технологиям, Государственной комиссии по сельскому хозяйству, Генеральному штабу Военной комиссии, Государственному океаническому управлению и Государственному управлению по рыболовству. В феврале 1980 г. на совещании в Государственном океаническом управлении впервые было предложено провести функциональное зонирование акваторий для регионального планирования [21]. К 1986 г. комплексное исследование прибрежных ресурсов было завершено. Полученная в его ходе информация, включавшая данные о состоянии окружающей среды, социальных и экономических условиях, обеспечила новый уровень понимания потенциала развития приморских регионов [22]. На основе этих результатов, обеспечивших научные основы управления береговой зоной, правительственными органами был поставлен вопрос о функциональном зонировании акваторий.

Экспериментальное мелкомасштабное и крупномасштабное МФЗ (1987–2001 гг.) Первый вариант функционального зонирования акваторий разрабатывался с 1988 по 1995 г. Государственным океаническим управлением (State Oceanic Administration, SOA). На этом этапе были определены доминирующие функции морских районов, для выделения которых использовались географические характеристики местоположения, оценки природно-ресурсного потенциала и состояния окружающей среды. Морские функциональные зоны подразделялись на пять типов: 1) освоения и использования, 2) рекультивации, 3) охраны, 4) специального назначения, 5) особо охраняемых акваторий. Основные картографические масштабы зонирования и районирования составляли 1 : 200 000 и 1 : 400 000, поэтому работы, выполняемые на этом этапе, называли также мелкомасштабным морским функциональным районированием.

В 1990 г. была составлена карта функциональных зон Бохайского залива; в 1992 г. завершен проект, результатом которого стало выделение в водах национальной юрисдикции 3642 функциональных зон. Зонирование первого поколения было экспериментальным и его результаты не имели юридической силы, но определили последующие направления действия.

В период 1993–1997 гг. был выдвинут план «крупномасштабного МФЗ» и к 2001 г. проведены работы по дифференциации морских акваторий в картографическом масштабе 1:110 000–150 000, после чего план стал частью национальной морской политики.

Проведенное в этот период полное мелкомасштабное и крупномасштабное морское функциональное зонирование отдельных бассейнов заложило информационную и техническую базу для построения системы МПП в Китае. Вступление в силу Конвенции ООН по морскому праву в 1997 г. значительно расширило сферу юрисдикции и права прибрежных государств на морские зоны. Это повлияло на дальнейшую эволюцию системы МПП КНР в направлении разработки механизмов прибрежного планирования, морского экономического развития, экологической защиты, поддержания морских прав и интересов ресурсопользователей.

Юридическое закрепление МФЗ (2002–2010 гг.). В 2002 г. система МФЗ получила юридический статус, став частью Закона об управлении использованием морских территорий, установившего интегрированную систему управления морскими территориями, основанную на морском функциональном зонировании, праве пользования и плате за использование морских территорий [23]. Через 2 года Госсовет утвердил планы МФЗ в прибрежных провинциях, автономных районах и муниципалитетах и установил срок их реализации к 2010 г. Кроме того, был запущен ряд пилотных проектов прибрежного регионального планирования в районах, ориентированных на использование морских ресурсов и пространств.

Следует отметить, что на предыдущих этапах подготовки МФЗ не основывалось на структурированной системе категорий. Лишь на данном этапе была предложена четкая иерархическая система зонирования, включающая четыре уровня. Национальный, макроориентированный, уровень охватывает все морские районы и определяет ведущие функции, направления развития и требования управления ключевыми морскими зонами. На муниципальном и окружном уровнях обеспечивается управление, охватывающее соответствующие акватории. К муниципальному и уездному уровням отнесено как выполнение требований развития и управления национальными и провинциальными морскими акваториями, так и разделение морских акваторий в соответствии с зонами ответственности. Для конкретного морского района это соответствовало трем различным масштабам морских функциональных зон на уровне провинции, округа и уезда, что часто приводило к несогласованности действий органов управления. Кроме того, не было четкой правовой основы для ведения хозяйственной деятельности природопользователями и проверки соответствия использования морского района целевому назначению. Эти проблемы решались в ходе следующего раунда развития МФЗ.

Общенациональное планирование МФЗ (2011 г. – по н.вр.). В 2010 г. Государственное океаническое управление инициировало создание плана национального морского функционального зонирования, который являлся бы основой для разработки региональных и локальных схем МФЗ для управления морскими районами и охраны среды. В 2012 г. Госсовет подчеркивал, что МФЗ является правовой основой для разумной эксплуатации и рационального использования морских ресурсов, эффективного сохранения и защиты морской среды.

В марте 2012 г. Госсовет КНР одобрил план «Национальное морское функциональное зонирование (2011–2020 гг.)» [24] и еще 11 провинциальных планов МФЗ в дополнение к утвержденным ранее со сроком реализации в 2020 г. Одним из примеров последних является План МФЗ провинции Чжэцзян на 2011–2020 гг. [25].

К 2020 г. эти проекты были завершены для всех прибрежных районов и одобрены соответствующими местными органами власти. Система классификации последнего поколения МФЗ построена с учетом основных целей освоения акваторий. Она состоит из 7 функциональных зон первого класса: промышленности и городского использования, марикультуры и рыболовства, портов и судоходства, полезных ископаемых и энергетики, туризма и развлечений, специального назначения и морские охраняемые зоны (сохранения морской среды и экосистем), которые далее подразделяются на 22 подзоны [26].

В настоящее время планы МФЗ реализуются на национальном, провинциальном и муниципальном или окружном уровнях. На первых двух уровнях схемы МФЗ утверждаются центральным правительством, а на уровне города, округа – провинциальными властями [22]. Для национального уровня основными задачами являются определение целей зонирования, основных функций зон, приоритетов развития и требований к управлению морскими функциональными зонами, определение ключевых морских районов и их основных функций, а также введение мер по реализации планов.

На уровне провинций основной задачей является конкретизация целей развития. После уточнения направлений развития провинции выделяются морские функциональные зоны и подзоны (рис. 1).

Начиная с 2015 г. основой для разработки стратегий морского экономического развития и пространственного планирования служит «Национальный план основных морских функциональных зон» (National Plan for Main Functional Zones of Oceans – NPMFZO) [30]. На макроуровне это наиболее мощный инструмент государственного управления интенсивностью освоения акваторий. Министерство охраны окружающей среды также разработало вариант зонирования акваторий, основанный на стандартах окружающей среды – морское экологическое функциональное зонирование (Marine Environmental Functional Zoning – MEFZ). Эти разработки привели к формированию представлений о морских экологических красных линиях (Marine Ecological Red Line – MERL). Основная цель красных линий состоит в определении экологически уязвимых районов и защите экосистем, имеющих важное значение для сохранения биоразнообразия и экосистемных услуг в интересах устойчивого развития. Первым районом, где было проведено экологическое зонирование и реализована концепция красных линий, стало Бохайское море [13].

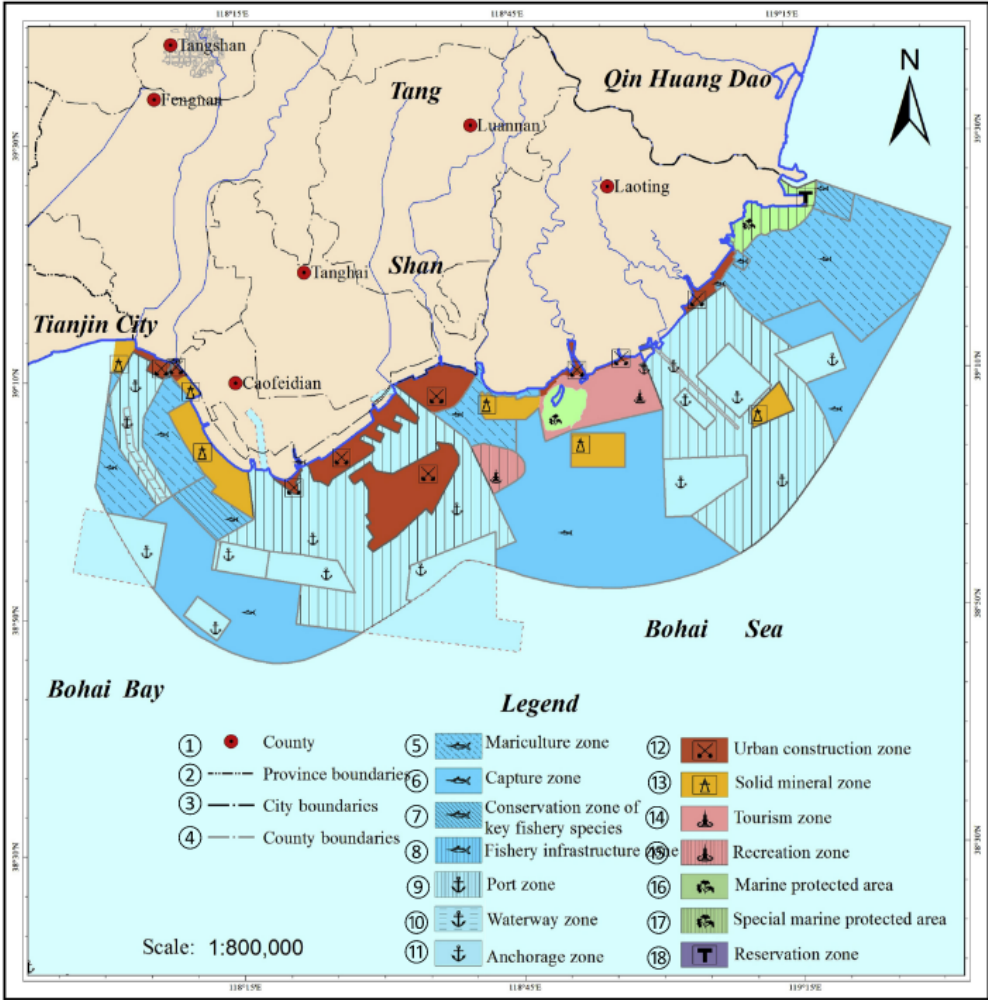


Рис. 2. Схема МФЗ на уровне муниципалитета г. Таншань [28]. Условные обозначения: ① – уездные центры, ② – границы провинций, ③ – границы городов, ④ – границы уездов, ⑤ – зона марикультуры, ⑥ – зона вылова, ⑦ – зона охраны ключевых видов рыболовства, ⑧ – зона инфраструктуры рыболовства, ⑨ – портовая зона, ⑩ – зона судоходства, ⑪ – якорная стоянка, ⑫ – зона городского строительства, ⑬ – зона добычи грунта, ⑭ – зона туризма, ⑮ – зона рекреации, ⑯ – охраняемая морская акватория, ⑰ – особо охраняемая морская акватория, ⑱ – резервная зона

Fig. 2. Marine Functional Zoning of Tangshan Municipality coast [28]

Отметим, что МФЗ имеет более высокий правовой статус с точки зрения использования морского пространства по сравнению с экологическим зонированием. Соответственно экологические зоны и районы, ограниченные красными линиями, выделяются внутри морских функциональных зон [13]. Для проектов, которые противоречат текущим схемам МФЗ, морские ведомства отклоняют заявки и предлагают заявителю представить более подходящие варианты реализации. В соответствии с требованиями по охране морской среды соответствующие ведомства должны проводить исследования, мониторинг и оценку ее качества в морских функциональных зонах, осуществлять надзор за охраной окружающей среды на протяжении процесса реализации проектов, осуществлять управление экологическими рисками и определять действия в аварийных случаях для защиты береговой линии. Все утвержденные планы МФЗ представляют собой государственные программы, обязательные к исполнению.

На сегодняшний день система многоуровневого планирования, основанная на функциональном зонировании, полностью охватывает морские и прибрежно-морские акватории Китая. Таким образом, в Китае уже практически создана комплексная система МПП, включающая стратегическое планирование, планирование защиты окружающей среды и управление пространственными ресурсами морских акваторий.

Проблемы и недостатки

МФЗ способствовало сохранению морской среды прежде всего за счет принятия мер по улучшению качества прибрежных вод и созданию защищенных зон. Вместе с тем реализация МФЗ выявила проблемы и недостатки, на которые указывают и сами китайские исследователи [16, 21, 22, 29]. Основные из них перечислены ниже.

Во-первых, система ориентирована на разрешение конфликтов между пользователями и в значительной мере игнорирует достижение компромиссных решений при противоречиях между пользователем и окружающей средой. Морские проекты, как правило, получают официальное одобрение, если местное использование акватории не нарушает основные функции зон. Это позволяет быстро развивать портовые, промышленные и городские зоны за счет освоения морских акваторий, но в должной мере не предупреждает сопутствующего ущерба морским экосистемам

Во-вторых, в системе практически отсутствует координация между схемами зонирования морской зоны и прибрежной зоны суши. Раздельный режим планирования и управления прибрежными территориями и акваториями обусловлен различиями в логике планирования на суше и в море. Из этого следует, что, например, проблема загрязнения моря из источников на суше (сток рек и рассредоточенный сток) не может быть решена лишь зонированием акваторий.

К третьей группе недостатков МФЗ китайские исследователи относят пренебрежение оценками эффективности МФЗ на практике. В результате пересмотр зонирования, как правило, обусловлен факторами быстрого экономического развития, а не динамикой экологических показателей. Сюда же может быть отнесено отсутствие вовлеченности в процесс заинтересованных сторон, таких как предприятия, неправительственные организации и местная общественность. В процессе разработки МФЗ участвуют в основном те государственные ведомства, которые управляют акваториями и используют их ресурсы.

Поскольку все морские функции классифицированы лишь на общенациональном уровне, муниципальные подзоны не могут вместить новые виды хозяйственного использования акваторий (создание насыпных территорий, ветровая, солнечная и приливная энергетика и т.д.), которые не вписываются в утвержденные морские функции.

Поскольку сами по себе планы морского функционального зонирования не обеспечивают комплексного решения задач управления прибрежными водами и территориями, назревает реформа МПП, наследующая предыдущий опыт, основанный на морском функциональном зонировании, и преобразующая его в новую систему, объединяющую

территориальное и прибрежно-морское планирование. В последние годы в КНР началась работа по интеграции основных функций планирования землепользования, городского и сельскохозяйственного и морского планирования в такую систему.

Перспективы китайского МПП (МФЗ)

Проведенный анализ показывает, что в предыдущие десятилетия МПП в Китае было ориентировано прежде всего на использование природно-ресурсного потенциала прибрежно-морских районов для экономического развития. Создана нисходящая система пространственного управления с МФЗ в качестве ядра и комбинацией правил зонирования и разрешений, определяющих режим использования ресурсов. В последнее время все больше внимания уделяется координации управления «суша–море» на основе многоплановой интеграции, регионального сопряжения комплексных решений и других требований. МПП приводится в соответствие с новой системой пространственного управления в стране с упором на научную и рациональную организацию пользования прибрежно-морской зоной, включая шельф, на экосистемной основе. Соответственно, китайские исследователи ожидают, что современное МФЗ, развиваемое с 2020 г., будет заниматься вопросами управления береговой зоной на основе экосистемного подхода, акцентировать усилия на адаптации к изменению климата, интеграции планирования суши и моря и участия общественности в контексте недавно принятой национальной стратегии построения экологической цивилизации в Китае [16, 22].

Китай является одной из стран с наибольшим количеством видов деятельности по использованию морских ресурсов и наиболее интенсивным освоением морских районов. МФЗ является правовой базой для передачи прав на использование моря организациям и для сбора платы за пользование морем в качестве источника финансирования для правительства. Важным элементом МФЗ является то, что размер района, предназначенного для каждого вида морского использования, основан на потребностях развития отрасли и имеющихся морских ресурсах. Разделение морской акватории на функциональные зоны и виды использования в соответствии с морскими секторами является ключевыми особенностями китайского МФЗ, что определяет его сходство с функциональным разделением видов использования в зонировании землепользования во многих странах с начала XX в.

Интенсивная эксплуатация морского ресурсного пространства поддерживается и регулируется МФЗ с минимальным учетом экосистемных требований. В этом контексте МФЗ является прежде всего системой, ориентированной на социально-экономическое развитие.

Использование китайского опыта МПП(МФЗ) для РФ

При соотнесении китайского опыта организации МПП на основе МФЗ с российской практикой очевидна схожесть ряда исходных оснований:

- обе страны обладают протяженным морским побережьем, наличием различающихся по физико-географическим условиям внутренних морей;
- несмотря на схожее федеративное устройство, разработка политики и формирование законодательной базы в отношении природопользования в обеих странах носит характер «сверху-вниз»;
- структуре управления присуща иерархичность, соподчиненность уровней «федеральный (национальный)–федеративные субъекты (провинции)–муниципальный (городские округа, местные органы власти)»;
- следствием крена к централизованному администрированию процессов природопользования, в частности морского и прибрежного, являются недостатки узковедомственного подхода;
- ограниченное участие общественности на местах в выработке политик во отношении регулирования процессов морского и прибрежного природопользования;

- прямо выделяются морские зоны, имеющие оборонное назначение.

Различия в процессах формирования МПП в РФ и Китае, выраженное «запаздывание» их в РФ, проистекают вследствие меньшей освоенности морских акваторий, значительно меньшей конфликтности интересов, возможности развести пользователей за счет обширности ресурсных пространств.

В отечественных реалиях в качестве концептуального аналога МПП на начальном этапе его развития могут рассматриваться территориальные комплексные схемы охраны природы (ТерКСОП), разрабатывавшиеся в 80-е годы прошлого века как инструмент сохранения окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при создании территориальных комплексных схем (ТКС) [31, 32]. Современному уровню наиболее развитых зарубежных систем пространственного планирования содержательно соответствует широко распространенная в России с советских времен районная планировка в виде иерархической системы территориального планирования на суше, базирующаяся на градостроительном подходе [33]. Определенные шаги в развитии инструментария МПП в России были сделаны в экономико-географических работах [2, 5, 7], отдельные элементы МПП разрабатывались для Азовского и Черного морей, арктического и тихоокеанского регионов [34–36].

Несмотря на существенный научный задел, в настоящее время в России единственным федеральным законодательным актом, устанавливающим приоритет перехода к комплексному планированию развития прибрежных акваторий и приморских территорий, является Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г. [37]. В документе подчеркивается необходимость разработки прибрежно-морских компонентов планов социально-экономического развития приморских субъектов РФ и программ развития приморских муниципальных образований и отдельных программ комплексного управления природопользованием приморских территорий и прибрежных акваторий, что по своей сути является инструментарием МПП.

МПП России в своем современном состоянии пока не стало полноценной системой планирования и управления прибрежно-морскими зонами и акваториями национальной юрисдикции. Таким образом, при построении отечественной системы морского пространственного планирования китайский опыт развития в этой области может быть крайне полезен.

Заключение

В основу китайской версии МПП положено морское функциональное зонирование. Внедрение его как основы пространственного планирования акваторий в Китае привело к результатам, аналогичным по эффективности наиболее полноценно реализованным зарубежным системам МПП, вполне соответствующим современным тенденциям развития морской пространственной политики во всем мире. Система МФЗ является обязательной составляющей пространственного планирования, имеющей юридическую силу. Следует отметить, что относительно небольшое количество стран в мире имеет законодательство, закрепляющее терминологию и процедуры МПП. Большинство стран реализуют МПП в рамках существующего, как правило, природоохранного законодательства. При этом лишь в немногих странах планы имеют обязательную юридическую силу; большинство планов МПП являются рамочными и носят рекомендательный характер.

К настоящему времени в КНР сформирована собственная система морского пространственного планирования, включающая три иерархических уровня, относительно зрелую и совершенствуемую систему классификации базовых функций и соответствующих зон, а также единую систему технических регламентов. Однако помимо очевидных достижений существуют проблемы как в процессе разработки планов, так и в процессе их реализации. К их числу могут быть отнесены отсутствие существенного участия общественности, не-

хватка рекреационных зон и др. Длительные сроки реализации планов при отсутствии учета влияния глобальных климатических изменений на прибрежно-морскую зону снижают актуальность оценок.

Для формирования российской системы МПП китайский опыт представляет определенную ценность. «Запаздывание» с внедрением МПП в России по сравнению с большинством развитых морских государств имеет некоторое преимущество, так как можно выбрать уже апробированные готовые решения с учетом различных направлений развития, национальной политики, правовых рамок и традиций административного планирования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках российско-китайского проекта: «Пространственные структуры устойчивого трансграничного природопользования и модели «зеленого» развития в контексте формирующихся экономических коридоров и приоритетов сохранения биоразнообразия на юге Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая» (Соглашение № 075-15-2023-58).

Acknowledgments. This study was supported by the Russian Ministry of Higher Education and Science as part of the Russian-Chinese project “Spatial Structures of Sustainable Transboundary Nature Management and Green Development Models in the Context of Emerging Economic Corridors and Biodiversity Conservation Priorities in the Southern Russian Far East and Northeast China” (No. 075-15-2023-58).

Литература

1. Crowell M., Edelman S., Coulton K., McAfee S. How Many People Live in Coastal Areas? // *Journal of Coastal Research*. 2007. N 23 (5). doi.org/10.2112/07A-0017.1
2. Druzhinin A.G., Kuznetsova T.Yu., Mikhaylov A.S. Coastal zones of modern Russia: delimitation, parametrization, identification of determinants and vectors of Eurasian dynamics // *Geography, Environment, Sustainability*. 2020. N 13 (1). P. 37–45.
3. Mikhaylov A.S., Mikhaylova A.A., Kuznetsova T.Yu. Coastalization effect and spatial divergence: segregation of European regions. *Ocean & Coastal Management*. 2018. N 161. P. 57–65.
4. Costanza R., D’Arge R., DeGroot R., Farber S. et al. The value of the world’s ecosystem services and natural capital // *Nature*. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
5. Дружинин А.Г. Талассоаттрактивность населения в современной России: общественно-географическая экспликация // *Балтийский регион*. 2017. Т. 9, № 2. С. 28–43. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-2-2.
6. Salvati L. Looking at the future of the med/iterranean urban regions: demographic trends and socioeconomic implications // *Romanian journal of regional science*. 2014. Vol. 8, N 2. P. 74–83.
7. Бакланов П.Я. Морское пространственное планирование: теоретические аспекты // *Вопросы пространственного планирования*. 2018. Т. 10, № 2. С. 76–85.
8. Day J. Zoning – lessons from the Great Barrier Reef Marine Park // *Ocean & Coastal Management*. 2002. Vol. 45, is. 2–3. P. 139–156.
9. Kenchington R.A., Day J.C. Zoning, a fundamental cornerstone of effective Marine Spatial Planning: lessons learnt from the Great Barrier Reef, Australia // *J Coast Conserv*. 2011. Vol. 15. P. 271–278.
10. Merrie A., Olsson, P. An innovation and agency perspective on the emergence and spread of marine spatial planning // *Marine Policy*. 2014. Vol. 44. P. 366–374.
11. Frazão Santos C., Ehler C.N., Agardy T., Andrade F., Orbach M.K., Crowder L.B. Marine Spatial Planning // *World Seas: An Environmental Evaluation*. 2019. P. 571–592.
12. Santos C.F., Agardy T., Andrade F., Crowder L.B., Ehler C.N., Orbach M.K. (), Major challenges in developing marine spatial planning // *Marine Policy*. 2021. Vol. 132. doi: 10.1016/j.marpol.2018.08.032 103248.
13. Lu W., Liu J., Xiang X., Song W., Alistair, M. A comparison of marine spatial planning approaches in China: marine functional zoning and the marine ecological red line // *Marine Policy*, 2015. N 62, P. 94–101. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.09.004.
14. Zeller D., Palomares M.D., Pauly D. Global fisheries science documents human impacts on oceans: The Sea Around Us serves civil society in the twenty-first century // *Annual Review of Marine Science*. 2023. N 15. P. 147–165. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-030322-113814
15. Chuenpagdee R., Liguori L., Palomares M.L.D., Pauly D. Bottom-up, global estimates of small-scale marine fisheries catches // *Fisheries Centre Research Reports*. 2006. Vol. 14 (8). University of British Columbia, Vancouver. 112 p. doi:dx.doi.org/10.14288/1.0074761.
16. Yu J., Li Y. Evolution of marine spatial planning policies for mariculture in China: overview, experience and prospects // *Ocean and Coastal Management*. 2020. Vol. 196. 105293. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105293.
17. Wu J., Song Y., Lin J., He Q. Tackling the uncertainty of spatial regulations in China: an institutional analysis of the multi-plan combination // *Habitat International*. 2018. Vol. 78. P. 1–12. doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.07.002.

18. Ehler C. Two decades of progress in marine spatial planning // *Marine Policy*. 2020. Vol. 132. P. 104134. doi.org/10.1016/J.MARPOL.2020.104134.
19. Teng X., Zhao Q., Zhang P., Liu L., Dong Y., Hu H., et al. Implementing marine functional zoning in China // *Marine Policy*. 2019. Vol. 132. 103484. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.055>
20. Zhou X., Zhao M. Comparison of territorial spatial planning system between China and Japan and its enlightenment // *Journal of Service Science and Management*. 2017. Vol. 10 (1). P. 54–71. doi.org/10.4236/jssm.2017.101005.
21. Fang Q.H., Zhang R., Zhang L.P., Hong H.S. Marine functional zoning in China: ex-perience and prospects // *Coast. Manag.* 2011. Vol. 39 (6). P. 656–667. doi: 10.1080/08920753.2011.616678
22. Teng X., Zhao Q.W., Zhang P.P., Liu L., Dong Y.E., Hu H., Yue Q., Ou L., Xu W. Implementing marine functional zoning in China // *Marine Policy*. 2021 Vol. 132. P. 103484. doi: 10.1016/j.marpol.2019.02.055.
23. Gao J., An T., Zhang K. et al. Development and reform of marine spatial planning in China under the new territorial spatial planning system // *Marine Development*. 2024. N 2. P. 2–14. doi.org/10.1007/s44312-024-00014-5.
24. План «Национальное морское функциональное зонирование (2011–2020)». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.waizi.org.cn/law/9622.html> (дата обращения: 16.04.2025).
25. План морского функционального районирования провинции Чжэцзян на 2011–2020 годы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2019/7/4/art_1660178_35313295.html (дата обращения: 16.04.2025).
26. State Oceanic Administration of China, Regulations on Management of Marine Function Zoning, 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.yjofa.gov.cn/zwgk/zhengcefagui/2016-10-10/1163.html> (дата обращения: 16.04.2025).
27. The State Council of China, Marine Functional Zoning of Hebei Province (2011–2020), 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gov.cn/gongbao/content/2007/content_487024.htm (дата обращения: 16.04.2025).
28. The People's Government of Hebei Province, Marine Functional Zoning of Tangshan City (2011–2020), 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ts.hebgt.gov.cn/ts/xxgk/ghtj/gtgh/101460187729935.html> (дата обращения: 16.04.2025).
29. Fang Q., Zhu S., Ma D., Zhan, L., Yang S. How effective is a marine spatial plan: an evaluation case study in China // *Ecological Indicators*. 2019. N 98, P. 508–514. doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.028.
30. National Plan for Main Functional Zones of Oceans. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-08/20/content_10107.htm (дата обращения: 16.04.2025).
31. Методы создания территориальных комплексных схем охраны природы. Материалы Всесоюзного совещания (Москва, 5–9 октября 1981). М.: Институт географии АН СССР, 1982. 17 с.
32. Географические исследования для целей планирования, проектирования, разработки и реализации комплексных программ. Ленинград: Изд-во ГО СССР, 1985. 205 с.
33. Чистобаев А.И., Федулова С.И. Опыт пространственного планирования в Европейском союзе и возможности его использования в России // *Балтийский регион*. 2018. № 2 (10), С. 86–99.
34. Гогоберидзе Г.Г., Косьян А.Р., Румянцева Е.А., Косьян Р.Д. Пространственное планирование как инструмент устойчивого морского и берегового природопользования в Краснодарском крае // *География и природные ресурсы*. 2021. № 3. С. 106–112.
35. Коновалов А.М. Морское пространственное планирование в системе стратегического планирования развития Арктической зоны Российской Федерации // *Российский Север: модернизация и развитие*. М.: Центр стратег. партнерства, 2015. С. 32–38.
36. Гогоберидзе Г.Г., Мамаева М.А., Матюшкова А.Г. Экономическое развитие приморских территорий залива Анива Сахалинской области на основе кадастрового подхода // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2011. № 41. С. 14–21.
37. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года. 2019 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/561091982> (дата обращения: 26.03.2025).

References

1. Crowell, M.; Edelman, S.; Coulton, K.; McAfee, S. How Many People Live in Coastal Areas? *Journal of Coastal Research*. 2007, 23(5). doi.org/10.2112/07A-0017.1
2. Druzhinin, A.G.; Kuznetsova, T.Yu.; Mikhaylov, A.S. Coastal zones of modern Russia: delimitation, parametrization, identification of determinants and vectors of Eurasian dynamics. *Geography, Environment, Sustainability*. 2020, 13(1), 37-45.
3. Mikhaylov, A.S.; Mikhaylova, A.A.; Kuznetsova, T.Yu. Coastalization effect and spatial divergence: segregation of European regions. *Ocean & Coastal Management*. 2018, 161, 57-65.
4. Costanza, R.; D'Arge, R.; DeGroot, R.; Farber, S. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997, 387, 253-260.
5. Druzhinin, A.G. Thalassoattractiveness of the population in modern Russia: socio-geographical explication. *Baltic region*. 2017, 9, 2, 28-43. doi: 10.5922/2074-9848-2017-2-2. (In Russian)

6. Salvati, L. Looking at the future of the Mediterranean urban regions: demographic trends and socioeconomic implications. *Romanian journal of regional science*. 2014, 8, 2, 74–83.
7. Baklanov, P.Ya. Marine spatial planning: theoretical aspects. *Issues of spatial planning*. 2018, 10(2), 76-85. (In Russian)
8. Day, J. Zoning—lessons from the Great Barrier Reef Marine Park. *Ocean & Coastal Management*. 2002, 45, 2–3, 139-156.
9. Kenchington, R.A.; Day, J.C. Zoning, a fundamental cornerstone of effective Marine Spatial Planning: lessons learnt from the Great Barrier Reef, Australia. *J. Coast Conserv.* 2011, 15, 271–278.
10. Merrie, A.; Olsson, P. An innovation and agency perspective on the emergence and spread of marine spatial planning. *Marine Policy*. 2014, 44, 366–374.
11. Santos, F.C.; Ehler, C.N.; Agardy, T.; Andrade, F.; Orbach, M.K., Crowder, L.B. In *Marine Spatial Planning. World Seas: An Environmental Evaluation*. 2019, 571–592.
12. Santos, C.F.; Agardy, T.; Andrade, F.; Crowder, L.B.; Ehler, C.N.; Orbach, M.K. Major challenges in developing marine spatial planning. *Marine Policy*. 2021, 132. doi: 10.1016/j.marpol.2018.08.032 103248.
13. Lu, W.; Liu, J.; Xiang, X.; Song, W.; Alistair, M. A comparison of marine spatial planning approaches in China: marine functional zoning and the marine ecological red line. *Marine Policy*. 2015, 62, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.09.004>.
14. Zeller, D.; Palomares, M.L.D.; Pauly, D. Global fisheries science documents human impacts on oceans: The Sea Around Us serves civil society in the twenty-first century. *Annual Review of Marine Science*. 2023, 15: 147-165. doi. org/10.1146/annurev-marine-030322-113814.
15. Chuenpagdee, R.; Liguori, L.; Palomares, M.L.D.; Pauly, D. Bottom-up, global estimates of small-scale marine fisheries catches. *Fisheries Centre Research Reports*. 2006, 14(8). University of British Columbia: Vancouver, Canada. 112 p. doi:dx.doi.org/10.14288/1.0074761
16. Yu, J.; Li, Y. Evolution of marine spatial planning policies for mariculture in China: overview, experience and prospects. *Ocean and Coastal Management*. 2020, 196, 105293. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105293.
17. Wu, J.; Song, Y.; Lin, J.; He, Q. Tackling the uncertainty of spatial regulations in China: an institutional analysis of the multi-plan combination. *Habitat International*. 2018, 78, 1–12. doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.07.002.
18. Ehler, C. Two decades of progress in marine spatial planning. *Marine Policy*. 2020, 132, 104134. doi. org/10.1016/J.MARPOL.2020.104134.
19. Teng, X.; Zhao, Q.; Zhang, P.; Liu, L.; Dong, Y.; Hu, H. et al. Implementing marine functional zoning in China. *Marine Policy*. 2019, 132, 103484. doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.055.
20. Zhou, X.; Zhao, M. Comparison of territorial spatial planning system between China and Japan and its enlightenment. *Journal of Service Science and Management*. 2017, 10(1), 54–71. doi.org/10.4236/jssm.2017.101005.
21. Fang, Q.H.; Zhang, R.; Zhang, L.P.; Hong, H.S. Marine functional zoning in China: experience and prospects. *Coastal Management*. 2011, 39 (6), 656-667. DOI: 10.1080/08920753.2011.616678.
22. Teng, X.; Zhao, Q.W.; Zhang, P.P.; Liu, L.; Dong, Y.E.; Hu, H.; Yue, Q.; Ou, L.; Xu, W. Implementing marine functional zoning in China. *Marine Policy*. 2021, 132, doi: 10.1016/j.marpol.2019.02.055 103484.
23. Gao, J.; An, T.; Zhang, K. et al. Development and reform of marine spatial planning in China under the new territorial spatial planning system. *Marine Development*. 2024, 2. doi.org/10.1007/s44312-024-00014-5
24. All-China Marine Functional Zoning (2011-2020). Available online: <https://www.waizi.org.cn/law/9622.html> (accessed on 16 April 2025). (In Chinese)
25. Zhejiang Province Marine Functional Zoning (2011-2020). Available online: https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2019/7/4/art_1660178_35313295.html (accessed on 16.04.2025). (In Chinese)
26. State Oceanic Administration of China, Regulations on Management of Marine Function Zoning, 2010. Available online: <http://www.yjofa.gov.cn/zwgk/zhengcefaui/2016-10-10/1163.html> (accessed on 16 April 2025).
27. The State Council of China, Marine Functional Zoning of Hebei Province (2011–2020), 2012. Available online: http://www.gov.cn/gongbao/content/2007/content_487024.htm. (accessed on 16 April 2025).
28. The People's Government of Hebei Province, Marine Functional Zoning of Tangshan City (2011-2020), 2014. Available online: <http://ts.hebgt.gov.cn/ts/xxgk/ghtj/gtgh/101460187729935.html>. (accessed on 16 April 2025).
29. Fang, Q.; Zhu, S.; Ma, D.; Zhang, L.; Yang, S. How effective is a marine spatial plan: an evaluation case study in China. *Ecological Indicators*. 2019, 98, 508–514. doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.028.
30. National Plan for Main Functional Zones of Oceans. Available online: https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-08/20/content_10107.htm. (accessed on 16 April 2025).
31. Methods for creating territorial integrated nature conservation schemes. In *Proceedings of the All-Union Conference (Moscow, October 5–9, 1981)*. Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences: Moscow, USSR, 1982; 17 p. (In Russian)
32. Geographical research for the purposes of planning, designing, developing and implementing integrated programs. Publishing House of the USSR Geographic Society: Leningrad, USSR, 1985; 205 p. (In Russian)
33. Chistobaev, A.I.; Fedulova, S.I. Spatial planning in the European Union: practices to draw on in Russia. *Baltic Region*. 2018, 2, 86-99. (In Russian)
34. Gogoberidze G.G.; Kosyan A.R.; Rummyantseva E.A.; Kosyan R.D. Spatial planning as a tool for sustainable marine and coastal nature management in the Krasnodar Territory. *Geography and Natural Resources*. 2021, 3, 106-112. (In Russian)

35. Konovalov, A.M. Marine spatial planning in the system of strategic planning for the development of the Arctic zone of the Russian Federation. In *Russian North: modernization and development*. Center for Strategic Partnership: Moscow, Russia, 2015. 32-38. (In Russian)

36. Gogoberidze, G.G.; Mamaeva, M.A.; Matyushkova, A.G. Economic development of coastal territories of Aniva Bay, Sakhalin Oblast based on the cadastral approach. *National interests: priorities and security*. 2011, 41, 14-21. (In Russian)

37. Strategy for the development of marine activities of the Russian Federation until 2030. Approved by the Enactment of the Government of the Russian Federation No. 1930-p dated August 30, 2019. Available online: <https://docs.cntd.ru/document/561091982>. (accessed on 26 March 2025). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 5.07.2025; одобрена после рецензирования 12.08.2025; принята к публикации 29.08.2025.

The article was submitted 5.07.2025; approved after reviewing 12.08.2025; accepted for publication 29.08.2025.



Динамика численности группировки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на территории юго-западного Приморья

Юрий Александрович ДАРМАН^{1,2}
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
ydarman@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1247-1189>

Дина Сергеевна МАТЮХИНА²
старший научный сотрудник
matiukhina@leopard-land.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7107-5876>

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Объединенная дирекция государственного природного биосферного заповедника «Кедровая Падь» и национального парка «Земля леопарда», Владивосток, Россия

Аннотация. В юго-западном Приморье обитает группировка амурского тигра, являющаяся частью трансграничной Восточно-Маньчжурской (Чанбайшаньской) популяции. Регулярные зимние учеты позволили проследить многолетние изменения ее численности. В рамках Всероссийских учетов по следам зимой 2021/22 г. здесь учтено 55–58 особей, включая 12 тигрят, что на 26 особей больше, чем в 2014/15 г. По данным фотомониторинга на ООПТ зимой 2014/15 г. на этой территории определены 24 тигра (1 тигренок), а зимой 2021/22 г. – 67 особей (13 тигрят). Оба метода показали сходный тренд – рост за 7 лет в 2 раза, что позволяет по данным зимних учетов по следам оценить изменения численности, которая за 26 лет увеличилась в 6 раз. Высокая доля тигрят (21.9 % в 2015 г. и 20.7 % в 2022 г.) свидетельствует о высоком репродуктивном потенциале популяции. Восстановление амурских тигров в юго-западном Приморье связано во многом с тем, что с 1995 г. площадь ООПТ увеличилась в 2.5 раза – с 1 532 до 3 765 км², сохраняя 70 % тигриных местообитаний. Растущая группировка национального парка «Земля леопарда» обеспечила расселение тигров в сопредельные районы КНР, где за 2021 г. было зарегистрировано 60 особей по сравнению с 12 в 1998 г. Общая численность трансграничной Восточно-Маньчжурской (Чанбайшаньской) популяции амурского тигра выросла за 25 лет с 20–25 до 83–90 особей. Провозглашенный в мае 2024 г. Российско-Китайский международный резерват «Земля больших кошек» общей площадью 18.3 тыс. км² обеспечивает потенциальные местообитания для удвоения численности амурских тигров.

Ключевые слова: Восточно-Маньчжурская (Чанбайшаньская) популяция амурского тигра, национальный парк «Земля леопарда», зимний учет по следам, фотомониторинг, российско-китайское сотрудничество

Для цитирования: Дарман Ю.А., Матюхина Д.С. Динамика численности группировки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на территории юго-западного Приморья // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 77–87. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_6.

The dynamics of the Amur tiger grouping (*Panthera tigris altaica*) in the Southwestern Primorsky Region

Yury A. DARMAN^{1,2}

Candidate of Biological Sciences, Senior research associate
ydarman@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1247-1189>

Dina S. MATIUKHINA²

Senior research associate
matiukhina@leopard-land.ru

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Joint Directorate of Kedrovaya Pad State Nature Biosphere Reserve and Land of the Leopard National Park, Vladivostok, Russia

Abstract. The territory of the Southwestern Primorsky Region is home to a grouping of Amur tigers, which is part of the transboundary Eastern Manchurian (Changbaishan) population of this subspecies. Regular winter track surveys have made it possible to trace long-term changes in this population. In the framework of the All-Russian accounting in the winter of 2021/22, 55–58 individuals, including 12 tiger cubs, were counted here. It is 26 individuals more than during the 2014/15 accounting. Based on the materials of camera trap monitoring in protected areas, 24 tigers, including 1 cub, were identified in Southwestern Primorsky Region in the winter of 2014/15, and 67 individuals (13 cubs) in the winter of 2021/22. Both methods showed a similar trend – a 2-fold increase in the population over 7 years. It makes it possible to use winter track surveys to estimate long term changes in the population, which has increased 6-fold over 26 years. The high rate of tiger cubs (21.9 % in 2015 and 20.7 % in 2022) indicates a high reproductive potential of the population. The restoration of Amur tigers in Southwestern Primorye is largely due to the fact that since 1995 protected areas were increased 2.5 times – from 1,532 km² to 3,765 km², ensuring the protection of 70% of suitable habitats. The growing grouping in the Land of the Leopard National Park has ensured the settlement of tigers in the neighboring regions of China, where 60 tigers were registered in 2021, compared with 12 in 1998. The total number of the transboundary East Manchurian (Changbaishan) Amur tiger population has grown in 25 years from 20–25 to 83–90 individuals. The Russian-Chinese transboundary reserve “Land of Big Cats”, proclaimed in May 2024, with a total area of 18.3 thousand km², provides potential habitats for doubling the number of Amur tigers.

Keywords: Eastern Manchurian (Changbaishan) population of Amur tiger, Land of the Leopard National Park, winter track survey, camera trap survey, Sino-Russian cooperation

For citation: Darman Yu.A., Matiukhina D.S. The dynamics of the Amur tiger grouping (*Panthera tigris altaica*) in the Southwestern Primorsky Region. *Pacific Geography*. 2025;(4):77-87. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_6.

Введение

Основная популяция амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) обитает на юге Дальнего Востока России в пределах горной системы Сихотэ-Алинь. Благодаря выпуску животных, прошедших реабилитацию, была создана новая размножающаяся группировка на Малом Хингане в Еврейской автономной области и на юго-востоке Амурской области. В нашей статье представлен анализ изменений численности группировки тигров на территории юго-западного Приморья, которая является частью трансграничной Восточно-Маньчжурской (Чанбайшаньской) популяции. Она отделена от основной Сихотэ-

Алинской популяции антропогенным разрывом от Владивостока до Уссурийска [1, 2]. Этот барьер, который включает в себя автомагистрали, железные дороги, сельскохозяйственные угодья и широкую безлесную долину р. Раздольная, ограничил распространение крупных хищников и со временем способствовал генетическому обособлению Восточно-Маньчжурской популяции амурских тигров [3, 4]. Однако есть подтвержденные случаи перехода тигров через долину р. Раздольная, а часть особей имеют генетические характеристики Сихотэ-Алинской популяции [5].

Традиционным методом определения численности амурского тигра является учет по следам, основанный на сборе информации о размерах следов и их распределении за весь зимний период, и проведение в течение 2–3 дней в конце зимы единовременного учета на маршрутах на всем ареале [6]. Методика была доработана при проведении второго Всероссийского учета в 2004/05 г [7] и официально утверждена Минприроды России¹. Ко времени проведения последнего Всероссийского учета в 2021/22 г. рабочей группой были внесены дополнения, связанные с появившейся возможностью фиксации следов с помощью мобильных телефонов и навигаторов. Авторы являлись координаторами данного учета на территории юго-западного Приморья в рамках проекта АНО «Центр «Амурский тигр» и в соответствии с государственным заданием ФГБУ «Земля леопарда» [8].

Задачами настоящей статьи было показать современную численность амурского тигра на территории юго-западного Приморья и ее изменения за 25-летний период на основе данных зимних следовых учетов. Для сравнения результатов, полученных разными методами, были использованы материалы фотомониторинга на территории заповедника «Кедровая Падь» и национального парка «Земля леопарда».

Район исследования

Юго-западное Приморье (далее ЮЗП) расположено на стыке границ России, Китая и Северной Кореи от побережья Амурского залива Японского моря до российско-китайской границы. От остальной территории Приморского края его отделяет р. Раздольная, широкая освоенная долина которой формирует труднопроходимый барьер для диких животных. Для основной части региона характерен горный тип рельефа, сформированный отрогами Восточно-Маньчжурских гор с максимальными высотами до 900 метров над уровнем моря. На севере расположено вулканическое Борисовское плато (450–600 м н.у.м) с многочисленными каньонами и скальными стенками. В южной части преобладает мелкосопочник и заболоченные равнины с возвышающимися среди них невысокими останцовыми сопками.

Общая площадь ЮЗП составляет 7 450 км², из которых 1 800 км² были преобразованы в результате хозяйственной деятельности человека, а 250 км² представлены открытой равниной в южной части исследуемой территории и заболоченными долинами в низовьях рек. Тигр постоянно обитает на площади 5 400 км². Наиболее важными местами обитания тигра являются леса с преобладанием корейской сосны (*Pinus koraiensis*) и монгольского дуба (*Quercus mongolica*), которые характеризуются высокой кормовой емкостью для диких копытных. Они занимают 1 223 км² и 2 471 км² соответственно. Площадь редколесий, покрытых в результате частых пожаров вторичными лесами из дуба и черной березы (*Betula dahurica*), составляет 1 128 км². Приречные леса, луга и болота в речных долинах (578 км²) служат важными местами обитания копытных животных и коридорами передвижения тигров.

Основу рациона амурского тигра ЮЗП составляют три вида копытных – пятнистый олень (*Cervus nippon*), кабан (*Sus scrofa*) и сибирская косуля (*Capreolus pygargus*). По дан-

¹ Приказ Минприроды России от 15 марта 2005 г. № 63 «Об утверждении методических рекомендаций по организации и проведению учета амурского тигра в Российской Федерации».

ным авиаучета 2019 г. общая численность трех видов оценивалась в 32–34 тысячи особей при средней суммарной плотности 41 ос/10 км² [9]. Случайной добычей могут являться также редкая здесь кабарга (*Moschus moschiferus*) и длиннохвостый горал (*Naemorhedus caudatus*), а также водяной олень (*Hydropotes inermis*) – новый для России вид [10]. Азиатский барсук (*Meles leucurus amurensis*), енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*), маньчжурский заяц (*Lepus mandshuricus*) и гималайский медведь (*Ursus thibetanus*) являются второстепенными видами добычи амурского тигра.

Около 60 % пригодных местообитаний тигра в ЮЗП находятся в границах ООПТ: государственного природного биосферного заповедника «Кедровая Падь» (180 км²), национального парка «Земля леопарда» (2 688 км²) и южной части краевого зоологического заказника «Полтавский» (292 км²). За пределами ООПТ места обитания тигра представлены охотничьими угодьями площадью 2 240 км², из которых 820 км² включены в буферную зону национального парка (рис. 1).



Рис. 1. Территория юго-западного Приморья и границы особо охраняемых природных территорий

Fig. 1. Territory of the Southwestern Primorsky Region and the boundaries of the special nature protected areas

Результаты и обсуждение

Во время первого Всероссийского зимнего учета амурского тигра в 1996 г. в ЮЗП на площади в 4 008 км² было учтено 7–9 тигров, включая 1 тигренка [6]. Во время дополнительного, более интенсивного зимнего обследования в 2000 г. (1 535 км маршрутов) было учтено 9–11 тигров, включая 1 тигренка [11], что в целом подтверждает стабильно невысокую численность на рубеже веков. Несколько больше тигров было зарегистрировано в 2003 г. [12], но затем поголовье снова снизилось (см. табл.).

Таблица

Изменения численности амурского тигра на территории юго-западного Приморья с 1996 по 2022 г.
(по данным зимнего учета по следам)

Table. Changes in the Amur tiger population in the Southwestern Primorsky Region from 1996 to 2022
(according to winter track survey)

Год учета	Учтено особей						Источник
	Самцы	Самки без тигрят	Самки с выводком	Тигрята	Неопределенные старше года	Всего учтено	
1995/96	3	2	1	1	2	8–9	[6]
2000	3–4	4–5	1	1	1	9–11	[11]
2003	5–7	4	3–4	3–4	4–6	16–21	[12]
2004/05	3–4	2–3	1–3	1–4	1	10–13	[7]
2007	3–4	2–3	0	0	4–5	9–12	[13]
2013	7		1	2	17	27	[14]
2014/15	12	3	3	6–7	3–8	27–32	[15]
2021/22	11	11	9	12	12–15	55–58	[8]

Во время второго Всероссийского учета в 2005 г. было зарегистрировано 10–13 тигров, в том числе 2–4 тигренка. Но площадь заселенных местообитаний в ЮЗП увеличилась до 5 237 км² [7]. Координаторы обоих учетов в ЮЗП были одни и те же, а протяженность маршрутов примерно одинаковой (1 041 и 1 191 км). Таким образом, представляется маловероятным, что интерпретация численности тигра в разных исследованиях существенно различается. На этом же уровне оставалась популяция и в 2007 г. [13]. По оценкам участников и экспертов стабильный или незначительный прирост наблюдался и для всей популяции амурского тигра на Дальнем Востоке России в этот период: 415–476 особей в 1996 г. и 428–502 особи в 2005 г. [6, 7].

К 2013 г. тигры заселили практически все пригодные местообитания в ЮЗП на площади 5 400 км², а численность увеличилась до 27 особей [14, 15]. Как раз в это время хищники стали активно заходить на сопредельную территорию природного резервата «Хунчунь», КНР [16]. Во время следующего Всероссийского учета зимой 2014/15 г. в ЮЗП были заложены примерно те же маршруты, что и в 2000 г. (1 580 км), но учтено в 2 раза больше тигров. По «консервативной» оценке экспертов в популяции был 21 самостоятельный (старше полутора лет) тигр, при возможном максимуме в 25 взрослых и полувзрослых зверей, плюс 6–7 тигрят. При этом общая численность амурских тигров на всем Дальнем Востоке России также увеличилась на 15 %, до 523–540 особей, включая 98–100 тигрят [15].

Данные, полученные в ходе последнего Всероссийского учета зимой 2021/22 г., показали увеличение общей численности амурского тигра в России в 1.4 раза – до 751–787 особей, включая 200–210 тигрят [17]. В это число входит и новая размножающаяся группировка из 21–24 тигров, которая была сформирована на Малом Хингане на левобережье р. Амур [18]. По нашей экспертной оценке, в ЮЗП прирост был еще выше – в 2 раза больше тигров (55–58 особей, включая 12 тигрят), чем зимой 2014/15 г. Из них было до 11 взрослых самцов и 20 самок (соотношение полов 1 : 1.82), еще 12–15 тигров можно отнести к полувзрослым, в том числе, вероятно, 4 самца и 5 самок [8]. Высокая доля тигрят

(21.9 % в 2015 г. и 20.7 % в 2022 г.) свидетельствует о высоком репродуктивном потенциале Восточно-Маньчжурской популяции амурского тигра.

Зимний следовой учет сильно зависит от состояния снежного покрова, который неравномерен на территории ЮЗП и часто отсутствует в южной части района исследования. Кроме того, подсчет особей тигра на основе размера следов, свежести и расстояния между ними сильно зависит от субъективных факторов [7]. В 2014/15 г. для проверки результатов зимних учетов были использованы данные фотоловушек из ключевых районов обитания тигра (Ануйский национальный парк, Сихотэ-Алинский заповедник, национальный парк «Зов тигра» и Лазовский заповедник). Сравнение результатов показало, что оба метода дали почти одинаковое количество взрослых/полувзрослых самцов и самок тигра. Однако молодых особей было выявлено больше по следам на снегу, поскольку камеры иногда регистрируют не всех тигрят [15].

На ООПТ в ЮЗП (ГПБЗ «Кедровая Падь» и национальный парк «Земля леопарда» с охранный зоной) зимой 2014/15 г. функционировала сеть из 154 станций с парами фотоловушек, было отработано 8 034 фотоловушко-суток и получено 354 фотографии тигров. На их основе определены 23 взрослые и полувзрослые особи и 1 тигренок [19]. По результатам зимнего учета по следам на этих ООПТ выявлено 27 тигров, включая 6 тигрят [15]. При этом общая численность на всей территории ЮЗП оценена экспертами в 29–32 особи, включая 6–7 тигрят. Таким образом, при плотности тигров менее 0.5 ос/100 км², оба метода показали сопоставимые результаты (рис. 2).



Рис. 2. Сравнение показателей численности амурского тигра на территории юго-западного Приморья по материалам зимнего учета по следам и с помощью сети фотоловушек. По данным: [8, 15]

Fig. 2. Comparison of Amur tiger abundance in the Southwestern Primorsky Region based on winter track survey and using a network of camera traps. According to: [8, 15]

В период проведения последнего Всероссийского учета амурского тигра сеть фотоловушек на ООПТ в ЮЗП состояла из 208 станций и охватывала площадь 3 619 км². В общей сложности с начала декабря 2021 г. до конца февраля 2022 г. было отработано 8 263 фотоловушко-суток, получено 1 104 снимка, по которым были идентифицированы 54 взрослых и полувзрослых тигра (30 самок и 24 самца) и 13 тигрят. Таким образом, зимой 2021/22 г. фотоловушками зафиксировано на 17.4 % больше взрослых и полувзрослых тигров, чем во время учета по следам (54 и 46 особей соответственно), в то время как количество тигрят было примерно одинаковым (13

и 12). Можно предположить, что при высокой плотности (около 1.0 ос/100 км²) и большом количестве расселяющихся молодых тигров с близкими размерами пятки (9.5–10.5 см) данные учета по следам могут занижать численность из-за особенностей сбора и интерпретации данных координаторами. Например, в местах высокой плотности (бассейны рек Нарва, Амба, Ананьевка, Нежинка) на 10 км маршрута встречалось до 12 следов тигров, при этом в одном бассейне регистрировались следы разных размеров, которые могли принадлежать 4–5 особям. Снеговые условия также могли оказать влияние на более низкие оценки численности, полученные на основе анализа следовых данных, по сравнению с данными фотомониторинга. В период проведения единовременного учета средняя высота снежного покрова на маршрутах южнее долины р. Пойма составляла 6 см, в то время как на остальной части района исследования – 18 см. При этом на крайнем юге, в районе

долины р. Тесная, снег почти полностью отсутствовал.

Тем не менее демографический тренд отражен одинаково – оба метода показали рост численности тигров за 7 лет в 2 раза (рис. 2). Поэтому правомерно по данным зимних учетов по следам оценить многолетнюю динамику популяции, которая на территории ЮЗП за 26 лет увеличилась с 9 до 58 особей (рис. 3).

Прежде всего, это произошло потому, что с 1995 г. сеть ООПТ в ЮЗП была увеличена в 2,5 раза – с 1 532 до 3 765 км², она охватывает 70 % пригодных местообитаний амурского тигра [20]. Более того, основная часть из них относится к федеральному уровню, где соблюдается строгий режим охраны, а также имеется достаточный штат сотрудников и финансирование.

Значительное усиление борьбы с браконьерством позволило остановить прямое истребление тигров и сократить нелегальную добычу охотничьих видов, обеспечивающих кормовую базу хищников. Контроль отстрела диких копытных и дополнительная подкормка в зимний период привели к увеличению их численности как на территории ООПТ, так и в прилегающих охотничьих хозяйствах. Например, популяция пятнистого оленя в ЮЗП выросла с 20,7 тыс. в 2006 г. [21] до 24,0 тыс. в 2019 г. [9] и 28,9 тыс. особей в 2023 г. [22]. В 2020–2022 гг. эпизоотия африканской чумы свиней более чем в 4 раза сократила поголовье кабанов ЮЗП – до 1,1–1,3 тыс., а средняя плотность упала до 1,9–2,3 ос/1000 га. Несмотря на депрессию популяций кабана и косули, суммарное поголовье диких копытных животных в ЮЗП в 2023 г. осталось на уровне 31–33 тыс. особей, что обеспечивает добычей растущие популяции амурского тигра и дальневосточного леопарда.

Заключение

Благодаря регулярному проведению учетов по единой методике собраны уникальные данные по многолетней динамике Восточно-Маньчжурской популяции амурского тигра. Наш анализ показал, что численность его на территории ЮЗП за 26 лет выросла минимум в 6 раз. Увеличение этой группировки обеспечило расселение редких кошек на сопредельную территорию Северо-Восточного Китая. В 1998–1999 гг. международная группа экспертов на основании зимних учетов по следам и сбора информации от местного населения оценила китайскую часть Восточно-Маньчжурской (Чанбайшаньской) популяции амурского тигра в 7–12 особей, а вместе с российской частью численность составила 20–25 особей, включая тигрят. Аналогичные результаты получены в ходе параллельного учета по следам, проведенного в России и Китае зимой 2004/05 г. [7]. В последующем мониторинг тигров в Китае проводился с помощью расширяющейся сети фотоловушек. Сопоставление снимков, полученных китайскими и российскими учеными за 2015 календарный год, позволило впервые провести оценку численности всей трансграничной популяции, которая на тот момент насчитывала 35 тигров, включая тигрят, но только 14 %

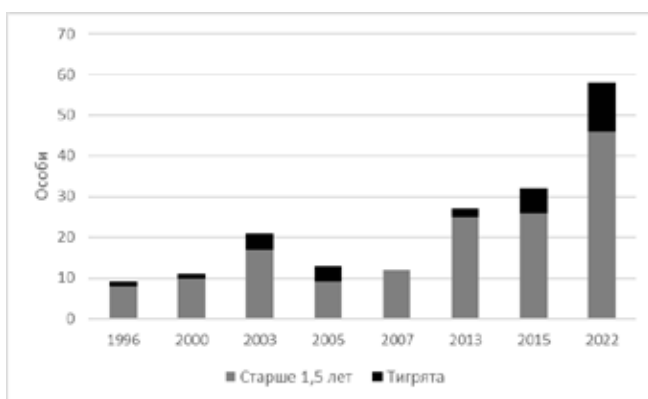


Рис. 3. Изменения численности амурских тигров на территории юго-западного Приморья (по данным зимних учетов, источники указаны в таблице)

Fig. 3. Changes in the Amur tiger population in the Southwestern Primorsky Region (according to winter track survey, the sources are listed in the table above)

из них были «резидентами» Китая [23]. Этот первый совместный анализ показал, что простое суммирование результатов отдельных исследований в России и Китае, без учета перемещения тигров через границу, привело бы к завышению общей численности по сравнению с совокупным анализом всей трансграничной популяции в 1.5 раза.

После 2016 г. обмен данными фотомониторинга не проводился. По информации китайских СМИ, в 2021 календарном году сеть фотоловушек в Северо-Восточном национальном парке тигров и леопардов выявила 60 амурских тигров, включая 10 тигрят. Но по оценкам международных экспертов [24] из них только 14–16 взрослых особей постоянно обитают на китайской стороне, в то время как остальная часть животных имеет участки обитания по обе стороны границы. На основании этой информации и оценок минимальной численности в ЮЗП по данным фотомониторинга зимой 2021/22 г. можно сделать предположение, что общая численность Восточно-Маньчжурской (Чанбайшаньской) популяции амурского тигра достигает 70–75 взрослых особей и 13–15 тигрят. Хотя без создания единой фотобазы невозможно определить точное число тигров, минимум трехкратное увеличение общей численности этой изолированной трансграничной популяции свидетельствует об огромном успехе международных усилий.

Российско-китайский резерват «Земля больших кошек», созданный 16 мая 2024 г., объединил национальный парк «Земля леопарда» в России и «Северо-Восточный национальный парк тигров и леопардов» в Китае, которые примыкают друг к другу непрерывным лесным коридором протяженностью 280 км. Он стал одной из крупнейших охраняемых природных территорий в Северо-Восточной Азии площадью 18.3 тыс. км² с потенциалом местообитаний для 150 амурских тигров и 300 дальневосточных леопардов [25].

Формирование сети ООПТ и обеспечение реальной охраны созданными природоохранными учреждениями сыграли ключевую роль в сохранении и восстановлении этих редких крупных кошек. Теперь главной задачей становится создание механизмов долгосрочного сосуществования крупных хищников и человека. При этом необходимо не допустить фрагментации местообитаний при планировании линейных сооружений, которые целесообразно вынести в специально выделенные коридоры. Сложнейшей задачей является создание Борисово-Барановского экологического коридора для связи тигров ЮЗП с основной Сихотэ-Алиньской популяцией. Учитывая трансграничный характер местообитаний амурского тигра и дальневосточного леопарда в Приморско-Лаоелинской гео-системе, важно создать механизм тесного и эффективного сотрудничества между всеми заинтересованными сторонами в рамках формируемой Смешанной Российско-Китайской комиссии по реализации Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Китайской Народной Республики о создании международного резервата «Земля больших кошек».

Благодарности. Авторы выражают глубокую признательность трем поколениям российских биологов, проводившим учеты в лесах ЮЗП: Д.Г. Пикуну, В.К. Абрамову, И.Г. Николаеву, В.Г. Коркишко, В.В. Арамилеву, В.П. Фоменко, И.В. Середкину. Их публикации и отчеты послужили основой для нашего анализа многолетней динамики Восточно-Маньчжурской популяции амурского тигра.

Исследование выполнено в рамках программ НИР ТИГ ДВО РАН и ФГБУ «Земля леопарда», а также проекта «Пространственные структуры устойчивого трансграничного природопользования и модели зеленого развития в контексте формирующихся экономических коридоров и приоритетов сохранения биоразнообразия на юге Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая» (№ 075-15-2023-584).

Литература

1. Дарман Ю.А., Вильямс Л. Сохранение биоразнообразия в Дальневосточном экорегионе. Ч. 2. План действий общественных организаций. Владивосток: WWF, 2003. 80 с.
2. Miquelle D.G., Rozhnov V.V., Ermoshin V.V. et al. Identifying ecological corridors for Amur tigers (*Panthera tigris altaica*) and Amur leopards (*Panthera pardus orientalis*) // Integrative Zoology. 2015. Vol. 10. P. 389–402.

3. Henry P., Miquelle D.G., Sugimoto T., Mccullough D.R., Caccone A., Russello M.A. In situ population structure and ex situ representation of the endangered Amur tiger // *Molecular Ecology*. 2009. Vol. 18. P. 3173–3184.
4. Sorokin P.A., Rozhnov V.V., Krasnenko A.U., Lukarevskiy V.S., Naidenko S.V., Hernandez-Blanco J.A. Genetic structure of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) population: are tigers in Sikhote-Alin and southwest Primorye truly isolated? // *Integr. Zool.* 2016. Vol. 11. P. 25–32.
5. Jeong D., Hyun J.Y., Marchenkova T., Matiukhina D., Cho S. et al. Genetic insights and conservation strategies for Amur tigers in Southwest Primorye Russia // *Sci Rep*. 2024. Vol. 14. 29985.
6. Матюшкин Е.Н., Пикунов Д.Г., Дунищенко Ю.М., Микелл Д.Г., Николаев И.Г. и др. Численность, структура ареала и состояние среды обитания амурского тигра на Дальнем Востоке России. Владивосток, 1996. 63 с.
7. Miquelle D.G., Pikunov D.G., Dunishenko Y.M., Aramilev V.V., Nikolaev I.G. et al. A survey of Amur (Siberian) tigers in the Russian Far East, 2004–2005. Final Report to the Save the Tiger Fund. Wildlife Conservation Society, New York, 2006. 77 p.
8. Дарман Ю.А., Матюхина Д.С., Бардюк В.В. Численность амурского тигра на территории юго-западного Приморья зимой 2021/22 г. // Актуальные проблемы биогеографии Дальневосточного региона России: Материалы Всерос. симпозиума с международным участием, посвященного 300-летию Российской академии наук и 155-летию академика В.Л. Комарова (1869–1945), г. Хабаровск, 7–11 октября 2024 г./ под ред. В.В. Рожнова. Хабаровск: БФ «Биосфера», 2025. С. 22–29.
9. Дарман Ю.А., Петров Т.А., Пуреховский А.Ж., Седаш Г.А., Титов А.С. Численность диких копытных животных в юго-западном Приморье // *Вестник охотоведения*, 2021. Т. 18, № 3. С. 170–181.
10. Дарман Ю.А., Седаш Г.А. Корейский водяной олень (*Hydropotes inermis argyropus* Heude, 1884): очерк для включения нового вида в Красную книгу Российской Федерации // *Биота и среда заповедных территорий*. 2020. № 3. С. 35–40.
11. Пикунов Д.Г., Абрамов В.К., Коркишко В.Г., Николаев И.Г., Белов А.И. Фронтальный учет дальневосточного леопарда и амурского тигра на Юго-западе Приморского края, зима 2000. Отчет о результатах оценки численности популяции дальневосточного леопарда и амурского тигра в юго-западной части Приморского края в 2000 году. Владивосток: WWF, 2000. С. 3–32.
12. Пикунов Д.Г., Микелл Д.Г., Абрамов В.К., Николаев И.Г., Середкин И.В., Мурзин А.А., Коркишко В.Г. Результаты исследования популяций дальневосточного леопарда и амурского тигра на юго-западе Приморского края, Дальний Восток России, февраль 2003 г. Владивосток: Дальнаука, 2003. 62 с.
13. Пикунов Д.Г., Середкин И.В., Арамилев В.В., Николаев И.Г., Мурзин А.А. Крупные хищники и копытные юго-запада Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 2009. 95 с.
14. Арамилев В.В., Арамилев С.В. Отчет по учету дальневосточного леопарда в 2013 г. Владивосток, 2013. 14 с.
15. Арамилев В.В., Арамилев С.В., Дунищенко Ю.М., Баталов А.С., Болтрушко В.М. и др. Отчет по учету амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на юге Дальнего Востока России в 2014–2015 гг. Владивосток, 2016. 67 с.
16. Ning Y., Kostyria A.V., Ma J., Chayka M.I., Guskov V.Yu. et al. Dispersal of Amur tiger from spatial distribution and genetics within the eastern Changbai mountain of China // *Ecol Evol*. 2019. Vol. 9. P. 2415–2424.
17. Стратегия сохранения амурского тигра в Российской Федерации на период до 2034 г. М.: Минприроды России, 2024. 56 с.
18. Рожнов В.В., Найдено С.В., Эрнандес-Бланко Х.А., Чистополова М.Д., Сорокин П.А., Ячменникова А.А., Блудченко Е.Ю., Калинин А.Ю., Кастрикин В.А. Восстановление популяции амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на северо-западе ареала // *Зоологический журнал*. 2021. Т. 100, № 1. С. 79–103.
19. Matiukhina D.S., Vitkalova A.V., Rybin A.N., Aramilev V.V., Shevtsova E.I., Miquelle D.G. Camera-trap monitoring of Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in southwest Primorsky Krai, 2013–2016: preliminary results // *Nature Conservation Research*. 2016. Vol. 1 (3). P. 36–43.
20. Дарман Ю.А., Пуреховский А.Ж., Барма А.Ю. Тигринный эконет – итоги формирования сети особо охраняемых природных территорий для амурского тигра // *Международный научно-практический симпозиум «Сохранение популяции амурского тигра: итоги, проблемы и перспективы»*, 29–29 июня 2018 г. Хабаровск: Хабаровский краевой музей им. Н.И. Гродекова, 2018. С. 84–99.
21. Арамилев В.В., Ленков И.А., Соколов С.А. Плотность населения копытных в ареале дальневосточного леопарда и амурского тигра // *Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства»*. Киров: Альфа-Ком, 2007. С. 21–23.
22. Петров Т.А., Дарман Ю.А., Титов А. С., Сторожук В.Б., Сонин П.Л., Марченкова Т.В. Изменения численности диких копытных на юго-западе Приморского края // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2025. Vol. 10 (1). P. 1–15.
23. Shevtsova E., Jiang G., Vitkalova A., Gu J., Qi J. et al. Saving the Amur tiger and Amur leopard: Transborder Movement of Amur tigers and Amur leopards Using Camera Trapping and Molecular Genetic Analysis. – NEASPEC Project Report. Seoul, 2018. 52 p.
24. Goodrich J., Wibisono H., Miquelle D., Lynam A.J., Sanderson E. et al. *Panthera tigris*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2022. e.T15955A214862019.
25. Дарман Ю.А., Бардюк В.В., Каракин В.П. Российско-Китайский трансграничный резерват «Земля больших кошек» как основа сохранения биоразнообразия Восточно-Маньчжурских гор // *Геоэкология Северо-Восточной Азии: природные, социальные и хозяйственные системы*. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2025. С. 440–447.

References

1. Darman, Yu.; Williams, L. Conservation Action Plan for the Russian Far East Ecoregion Complex. Part 2. NGO Joint Action Plan. WWF: Vladivostok, Russia. 2003, 1–80. (In Russian)
2. Miquelle, D.G.; Rozhnov, V.V.; Ermoshin, V.V. et al. Identifying ecological corridors for Amur tigers (*Panthera tigris altaica*) and Amur leopards (*Panthera pardus orientalis*). *Integrative Zoology*. 2015, 10, 389–402.
3. Miquelle, D.G.; Sugimoto, T.; McCullough, D.R.; Caccone A.; Russello M.A. In situ population structure and ex situ representation of the endangered Amur tiger. *Molecular Ecology*. 2009, 18, 3173–3184.
4. Sorokin, P.A.; Rozhnov, V.V.; Krasnenko, A.U.; Lukarevskiy, V.S.; Naidenko, S.V.; Hernandez-Blanco, J.A. Genetic structure of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) population: are tigers in Sikhote-Alin and southwest Primorye truly isolated? *Integr. Zool.* 2016, 11, 25–32.
5. Jeong, D.; Hyun, J.Y.; Marchenkova, T.; Matiukhina, D.; Cho, S. et al. Genetic insights and conservation strategies for Amur tigers in Southwest Primorye Russia. *Sci Rep.* 2024, 14, 29985.
6. Matyushkin, E.N.; Pikunov, D.G.; Dunishenko, Yu.M.; Miquelle, D.G.; Nikolaev I.G. et al. Number, areal structure and status of habitats of Amur tiger in the Russian Far East). Vladivostok. 1996, 1–63. (In Russian)
7. Miquelle, D.G.; Pikunov, D.G.; Dunishenko, Y.M.; Aramilev, V.V.; Nikolaev, I.G. et al. A survey of Amur (Siberian) tigers in the Russian Far East, 2004–2005. Final Report to the Save the Tiger Fund. Wildlife Conservation Society, New York, 2006; 77 p.
8. Darman, Yu.A.; Matukhina, D.S.; Bardyuk, V.V. The number of Amur tiger in the territory of Southwestern Primorye in the winter 2021/22. In *Actual problems of zoogeography and biodiversity of Russian Far East. Proceedings of All-Russian Symposium, October 7–11, 2024, Khabarovsk*. Biosphere: Khabarovsk, Russia. 2025, 22–29. (In Russian)
9. Darman, Yu.A.; Petrov, T.A.; Purekhovsky, A.G.; Sedash, G.A.; Titov, A.S. Number of the wild ungulates in the Southwestern Primorsky Province. *Vestnik okhotovedeniya*. 2021, 18 (3), 170–181. (In Russian)
10. Darman, Yu.A.; Sedash, G.A. Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus Heude, 1884*): general outline for enlisting into the Red Data Book of Russian Federation. *Biodiversity and environment of protected areas*. 2020, 3, 35–40. (In Russian)
11. Pikunov, D. G.; Abramov V.K.; Korkishko V.K.; Nikolaev I.G.; Belov A.I. “Sweep” survey of Far Eastern leopards and Amur tigers in Southwest Primorski Krai, winter 2000”. In *A Survey of Far Eastern Leopards and Amur Tigers in Southwest Primorye Krai in 2000*. WWF and WCS: Vladivostok, Russia. 2000, 1–49.
12. Pikunov, D.G.; Miquelle, D.G.; Abramov, V.K.; Nikolaev, I.G.; Seredkin, I.V.; Murzin, A.A.; Korkishko V.G. A survey of Far Eastern leopard and Amur tiger populations in Southwest Primorski Krai, Russian Far East (February 2003). Pacific Institute of Geography FEB RAS: Vladivostok, Russia. 2003, 1–62. (In Russian)
13. Pikunov, D.G.; Seroydtkin, I.V.; Aramilev, V.V.; Nikolaev, I.G.; Murzin A.A.; Large predators and wild ungulates of the Southwestern Primorsky Region. *Dalnauka: Vladivostok, Russia*. 2009; 96 p. (In Russian)
14. Aramilev, V.V.; Aramilev, S.V. The snow track census of the Far Eastern leopard and Amur tiger in Southwest Primorye, WWF, Pacific Institute of Geography FEB RAS: Vladivostok, Russia. 2013, 1–18. (In Russian)
15. Aramilev, V.V.; Aramilev, S.V.; Dunishenko, A.M.; Batalov, A.S.; Boltrutsko, V.M. et al. Distribution and abundance of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in the Russian Far East (based on the materials of the 2014–2015 frontal survey). *Dalnauka: Vladivostok, Russia*. 2016, 1–87. (In Russian)
16. Ning, Y.; Kostyria, A.V.; Ma, J.; Chayka, M.I.; Guskov, V.Yu., et al. Dispersal of Amur tiger from spatial distribution and genetics within the eastern Changbai mountain of China. *Ecol. Evol.* 2019, 9, 2415–2424.
17. Strategy for the Conservation of the Amur Tiger in the Russian Federation till 2034. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation: Moscow, Russia. 2024; 56 p. (In Russian)
18. Rozhnov, V.V.; Naidenko, S.V.; Hernandez-Blanco, J.A.; Chistopolova, M.D.; Sorokin, P.A. et al. Restoration of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) population in the Northwest of its distribution area. *Zoological journal*. 2021, V. 100, 1, 79–103. (In Russian)
19. Matiukhina, D.S.; Vitkalova, A.V.; Rybin, A.N.; Aramilev, V.V.; Shevtsova, E.I.; Miquelle, D.G. Camera-trap monitoring of Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in southwest Primorsky Krai, 2013–2016: preliminary results. *Nature Conservation Research*. 2016, 1(3), 36–43.
20. Darman, Yu.A.; Purekhovsky, A.G.; Barma, A.Yu. Tiger Econet – the results of the protected areas network formation for Amur tiger. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Conservation of the Amur tiger population: results, problems and perspectives”* (Khabarovsk, 28–29 June 2018). Grodekov Museum: Khabarovsk, Russia. 2018, 84–99. (In Russian)
21. Aramilev, V.V.; Lenkov, I.A.; Sokolov, S.A. Density of the wild ungulates in the range of the Far Eastern leopard and Amur tiger. In *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Modern Problems of Environmental Management, Hunting, and Animal Husbandry”*. Alfa-Kom: Kirov, 2007, 21–23. (In Russian)
22. Petrov, T.A.; Darman, Yu.A.; Titov, A.S.; Storozhuk, V.B.; Sonin, P.L.; Marchenkova, T.V. Changes in the number of wild ungulates in the Southwest Primorskiy Region, Russia. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2025, 10(1), 1–15. (In Russian)
23. Shevtsova, E.; Jiang, G.; Vitkalova, A.; Gu, J.; Qi, J. et al. Saving the Amur tiger and Amur leopard: Transborder Movement of Amur tigers and Amur leopards Using Camera Trapping and Molecular Genetic Analysis. NEASPEC Project Report. Seoul, 2018; 52 p.

24. Goodrich, J.; Wibisono, H.; Miquelle, D.; Lynam, A.J.; Sanderson, E. et al. *Panthera tigris*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2022, e.T15955A214862019.

25. Darman, Yu.A.; Bardyuk, V.V.; Karakin, V.P. Sino-Russian transboundary nature reserve “Land of Big Cats” as a basis for the biodiversity conservation of the East Manchurian mountains. In *Geosystems of North-East Asia: natural, social and economic systems*. Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, Russia. 2025, 440–447. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 15.08.2025; одобрена после рецензирования 28.08.2025; принята к публикации 14.09.2025.

The article was submitted 15.08.2025; approved after reviewing 28.08.2025; accepted for publication 14.09.2025.



Влияние трансграничных переносов на загрязнение атмосферы Приморского края в 2024 г., на примере поселка Смычка

София Александровна ХАРЧЕНКО¹
старший инженер
sonic_kh@mail.ru

Денис Михайлович ЖАРКОВ^{1,2}
старший инженер
Deniska2001.den@mail.ru

Кирилл Сергеевич ГАНЗЕЙ¹
доктор географических наук, директор
geo2005.84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4697-5255>

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Аннотация. В работе анализируются источники поступления поллютантов в атмосферный воздух в пос. Смычка Дальнегорского района Приморского края в результате трансграничного переноса воздушных масс. Данные за 2024 г., использованные для анализа, получены со станции экологического мониторинга состояния окружающей среды, установленной в поселке. Для анализа источников поступления поллютантов в район исследований осуществлено построение обратных траекторий движения воздушных масс на основе сервиса HYSPLIT. Выявлены причинно-следственные связи превышений показателей РМ 2.5, РМ 10, SO₂, NO₂, CO и H₂S или их колебаний по сравнению со средними значениями за год. Отмечается, что данные по всем показателям не превышали ПДК за весь период наблюдений. Показано, что основными источниками трансграничного поступления загрязняющих веществ в район являются выбросы промышленных предприятий Китая, прохождение пыльных бурь и выбросы от лесных пожаров. Установлено, что максимальные концентрации загрязняющих веществ наблюдаются в периоды устойчивых западных ветров, способствующих переносу загрязненного воздуха в Приморский край. Зафиксирован факт локального влияния хозяйственной деятельности на состав атмосферного воздуха в поселке Смычка, который выражается в увеличении содержания РМ 2.5, РМ 10 в воздухе в результате отопления жилых домов в осенне-весенний период. Выполнено сравнение полученных данных химического состава снежного покрова в регионе с материалами предыдущих исследований. Приводятся результаты первого этапа работ по анализу влияния трансграничного атмосферного переноса загрязняющих веществ на территорию Приморского края и ее геоэкологическое состояние.

Ключевые слова: трансграничный перенос, поллютанты, антропогенное воздействие, выбросы, атмосфера, Приморский край

Для цитирования: Харченко С.А., Жарков Д.М., Ганзей К.С. Влияние трансграничных переносов на загрязнение атмосферы Приморского края в 2024 году, на примере поселка Смычка // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 88–98. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_7.

The impact of transboundary transfers on atmospheric pollution in Primorsky Krai in 2024, using the example of Smychka Settlement

Sofia A. KHARCHENKO¹

Engineer Senior
sonic_kh@mail.ru

Denis M. ZHARKOV^{1,2}

Senior Engineer
Deniska2001.den@mail.ru

Kirill S. GANZEI¹

Doctor of Geographical Sciences, Director
geo2005.84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4697-5255>

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Abstract. The paper analyzes the sources of pollutant emissions into the atmospheric air in Smychka Settlement, Dalnegorsky District of Primorsky Krai, as a result of transboundary air mass transfer. Data for 2024 used for the analysis were obtained from the environmental monitoring station installed in the settlement. To analyze the sources of pollutants entering the study area, reverse trajectories of air mass movement were reconstructed using the HYSPLIT service. Causal relationships were identified regarding the exceedances of PM 2.5, PM 10, SO₂, NO₂, CO, and H₂S levels compared to the average annual values. The data for all indicators did not exceed the maximum permissible concentrations (MPC) throughout the entire monitoring period. The main sources of transboundary pollutant emissions into the region were identified as emissions from industrial enterprises in China, dust storms, and wildfires. The maximum concentrations of pollutants occurred during periods of stable westerly winds, which contribute to the transfer of polluted air to Primorsky Krai. A localized impact of economic activities in Smychka Settlement on the atmospheric air composition was recorded, resulting in increased levels of PM 2.5 and PM 10 due to residential heating in the autumn-winter period. The obtained data were compared with materials from previous research on the chemical composition of the snow cover in the region. These results represent the first stage of an analysis of the impact of transboundary atmospheric transport of pollutants on the geoecological status of the Primorsky Krai region.

Keywords: transboundary transfer, pollutants, anthropogenic impact, emissions, atmosphere, Primorsky Krai

For citation: Kharchenko S.A., Zharkov D.M., Ganzei K.S. The impact of transboundary transfers on atmospheric pollution in Primorsky Krai in 2024, using the example of Smychka Settlement. *Pacific Geography*. 2025;(4):88-98. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_7.

Введение

Трансграничный перенос загрязняющих веществ представляет собой важный фактор, влияющий на качество атмосферного воздуха в различных регионах. В условиях интенсивного развития промышленности загрязнители, образующиеся в одной стране, могут свободно перемещаться через границы, оказывая влияние на экологическую обстановку в соседних государствах. Особое влияние на состояние окружающей среды Дальнего

Востока России, включая Приморский край, имеет трансграничный атмосферный перенос загрязняющих веществ с территории Китая.

Атмосфера представляет собой один из ключевых компонентов географической оболочки, испытывающих прямое и косвенное воздействие в результате хозяйственной деятельности. Влияние химических веществ на атмосферу обусловлено множеством факторов и проявляется в том числе в изменениях климата. Они оказывают значительное воздействие на биологические составляющие геосистем, а также на здоровье человека. Особенностью атмосферы является высокая подвижность, что делает ее транзитной средой, благодаря чему вещества быстро распространяются на значительные расстояния.

Атмосферная циркуляция Приморского края определяется муссонами, которые формируют летний и зимний режимы погоды. Важную роль играют барические системы, такие как азиатский антициклон и область пониженного давления, которая зимой устанавливается не только над Охотским морем, но и над большей частью умеренных и полярных широт северо-западной части Тихого океана, особенно над южной половиной Берингова моря. В летний период формируется особая барическая пара: над материком устанавливается область пониженного давления (Южно-Азиатский минимум), а над океаном – область повышенного давления (Северо-Тихоокеанский максимум). Это создает благоприятные условия для формирования летнего муссона, который приносит с океана влажные воздушные массы. Циклоны, формирующиеся в различных частях Тихого океана и Азии, также оказывают значительное влияние на погодные условия в регионе [1]. Для района расположения станции мониторинга характерен морской климат умеренных широт. Район открыт к незамерзающему Японскому морю [2]. Здесь отмечается повышенная ветровая активность [3]. Зимой температура воздуха выше по сравнению с другими районами Приморского края и составляет в среднем $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Летние температуры, напротив, ниже среднестатистических значений для региона (в июле $+16.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, августе $+19.0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это обусловлено воздействием холодного Приморского течения, влияние которого ослабевает только вблизи мыса Поворотный [4, 5]. Почвенный покров разнообразен: преобладают бурые лесные почвы, характерные для горных районов. В долинах рек и на равнинах встречаются черноземы и серые лесные почвы, а в поймах рек — аллювиальные почвы [6]. Основную часть территории занимают хвойно-широколиственные леса, представленные такими видами, как кедр корейский (*Pinus koraiensis*), пихта белокорая (*Abies nephrolepis*), ель аянская (*Picea jezoensis*), орех маньчжурский (*Juglans mandshurica*) и др. [7].

Точных данных о населении пос. Смычка в статистических сборниках нет. Население близлежащего с. Рудная Пристань составляет около 2000 человек [8]. Часть жителей работает в г. Дальнегорск. Поселок привлекает туристов своей уникальной природой и возможностью отдыха на море. С каждым годом численность населения уменьшается [8], что говорит о депопуляции.

Рядом с пос. Смычка находится г. Дальнегорск, в котором на данный момент работает горнометаллургический комплекс «Дальполиметалл», занимающийся добычей и обогащением свинцово-цинковой руды. В с. Рудная Пристань расположен металлургический цех Дальневосточного горно-металлургического комбината «Дальполиметалл», деятельность которого ранее неблагоприятно влияла на экологическую обстановку села и окрестностей [9].

Целью настоящей работы является анализ состояния атмосферного воздуха в пос. Смычка Дальнегорского района Приморского края и путей поступления поллютантов на основе обработки данных станции экологического мониторинга.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: получены и проанализированы первичные данные; выявлены причинно-следственные связи превышений показателей $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_2 , CO и H_2S или их колебаний по сравнению со средними значениями за год; проанализированы траектории обратного переноса поллютантов для точного определения причин изменения содержания исследуемых показателей в атмосфере.

Материалы и методы

В пос. Смышка находится станция экологического мониторинга состояния окружающей среды PWS-918 (далее СЭМ Смышка), данные с которой поступают напрямую в Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (ТИГ ДВО РАН). Станция укомплектована набором датчиков, анализирующих следующие показатели: содержание в воздухе диоксида азота, диоксида серы, оксида азота, оксида углерода, сероводорода, частиц PM1.0, PM2.5 и PM10. Также станция фиксирует такие метеорологические показатели как атмосферное давление, температура воздуха, влажность воздуха, усредненная скорость ветра и его направление.

Станция расположена на территории научно-экспедиционной станции ТИГ ДВО РАН в пос. Смышка (Дальнегорский район Приморского края). Территория поселка характеризуется преимущественно равнинным рельефом с наличием небольших холмов и возвышенностей. Встречаются каменистые полосы и береговые откосы. Недалеко протекает р. Рудная, впадающая в Японское море.

В рамках исследования было проанализировано содержание частиц PM2.5 и PM10 и газов – диоксида серы (SO_2), диоксида азота (NO_2), оксида углерода (CO) и сероводорода (H_2S) (единицы измерения – мкг/м^3) в атмосфере. Данные показатели были выбраны, потому что вредное воздействие пыли и сопутствующих веществ может вызывать у человека раздражение и заболевания дыхательных путей (астму, хронический бронхит, силикоз (или цементоз)), кожи (например, аллергический дерматит), слизистых оболочек носоглотки и полости рта, органов пищеварения и др. [10–13]. Данные вещества являются наиболее опасными для здоровья человека и окружающей среды, за ними необходим регулярный контроль, чтобы вовремя предупредить об опасности [14].

Согласно ГН 2.1.6.3492–17 [15] среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) выбранных показателей в мг/м^3 составляет: PM2.5 – 0,035, PM10 – 0,06, SO_2 – 0,05, NO_2 – 0,04, CO – 3, H_2S – 0,008.

Для анализа источников поступления поллютантов в район исследований осуществлено построение обратных траекторий движения воздушных масс на основе сервиса HYSPLIT [16] Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) [17] по следующим характеристикам – дата, время и высота. Модель HYSPLIT используется с целью идентификации источников атмосферных аэрозолей, при помощи этой модели можно построить траектории движения в приграничном слое атмосферы для разных сезонов года [18]. Для более точного определения движения воздушных масс в самой программе указываются высоты, временные рамки, градусы наклона и другое.

Результаты и их обсуждение

На основе данных, собранных за 2024 г. на СЭМ Смышка, был проведен анализ превышений значений частиц и газов. В табл. 1 представлены усредненные месячные значения показателей частиц РМ и газов, которые имеют наибольший потенциал нанесения вреда человеку и окружающей среде [10, 13].

Данные по всем показателям не превышали ПДК за весь период исследования. Сероводород, диоксид азота и диоксид серы были выше средних месячных показателей в атмосферном воздухе в апреле, августе и ноябре. Среди общих данных за год значительные отклонения наблюдаются в апреле, июле и ноябре.

На изменение содержания поллютантов в атмосфере могут влиять как природные, так и антропогенные факторы [19]. На основе анализа изменения содержания частиц PM2.5 и PM10 и построения траекторий обратных переносов воздушных масс были определены региональные и местные причины их флуктуации, проанализированы возможные источники их поступления на территорию Приморского края. В 2024 г. максимальные значения

Таблица 1

Усредненные значения частиц РМ и газов за 2024 г. (в мг/м³)
Table 1. Average values of PM particles and gases for 2024 (in mg/m³)

Месяц	CO	NO ₂	SO ₂	H ₂ S	PM2.5	PM10
Январь	0.0004786	0.0000642	0.0000009	0.0000257	0.0056	0.0032
Февраль	0.0004680	0.0000665	0.0000006	0.0000270	0.0051	0.0027
Март	0.0004634	0.0000661	0.0000002	0.0000273	0.0045	0.0022
Апрель	0.0004901	0.0000580	0.0000009	0.0000257	0.0067	0.0042
Май	0.0004745	0.0000534	0.0000012	0.0000242	0.0055	0.0032
Июнь	0.0004734	0.0000485	0.0000060	0.0000205	0.0046	0.0024
Июль	0.0005732	0.0000431	0.0000089	0.0000188	0.0112	0.0082
Август	0.0005269	0.0000419	0.0000100	0.0000186	0.0044	0.0022
Сентябрь	0.0005074	0.0000467	0.0000092	0.0000200	0.0037	0.0015
Октябрь	0.0004903	0.0000510	0.0000055	0.0000215	0.0054	0.0030
Ноябрь	0.0004885	0.0000549	0.0000035	0.0000228	0.0073	0.0046
Декабрь	0.0004509	0.0000584	0.0000014	0.0000248	0.0044	0.0021
ПДК	3	0.04	0.05	0.008	0.035	0.06

частиц РМ и газов наблюдались в апреле, июле и ноябре. Так, в апреле наблюдались превышения частиц РМ2.5 и РМ10 в атмосфере региона, связанные с прохождением пыльной бури из КНР, образовавшейся в пустыне Гоби, а также выбросами из промышленного района КНР и, возможно, с выбросами горно-металлургического комплекса «Дальполиметалл». В июле превышения коррелируются с начавшимися масштабными пожарами в Якутии [5]. В ноябре с началом отопительного сезона определяется взаимосвязь с топкой печей в индивидуальных домах и котельных. Также в этот период были зафиксированы природные пожары в западных районах, на юго-западе Приморского края и в приграничных районах Китая [5].

В г. Владивосток 25 апреля 2024 г. была зафиксирована пыльная буря, начавшая свое

движение из пустыни Гоби (рис. 1). В Приморском крае фиксировалось желтое небо и образование слоя пыли на поверхностях [5, 20].

В табл. 2 приведены данные содержания частиц РМ.5 и РМ10 до, во время и после прихода пыльной бури. С 25 апреля 2024 г. показатели частиц РМ2.5 и РМ10 в атмосфере начали превышать среднемесячные значения, максимальные показатели РМ2.5 0.0091 мг/м³ и РМ10 0.0118 мг/м³ наблюдались 27 апреля. С 28 апреля 2024 г. содержание частиц РМ2.5 и РМ10 начало снижаться как следствие переноса воздушных масс в сторону Японии [5].

По данным И.И. Кондратьева, проводившего соответствующий анализ процессов формирования пыльных бурь над Монголией и Китаем, в результате перемещения хо-



Рис. 1. Траектории обратного переноса воздуха в нижней тропосфере на 120 ч от 00 ВСВ 27 апреля

Fig. 1. Trajectories of reverse air transfer in the lower troposphere at 120 hours from 00 UTC on April 27

лодных воздушных масс в регионе пыльные бури достигают территории Приморского края [21]. Анализ структурно-вещественного состава пыльных бурь 2002–2004 гг., зафиксированных над Приморским краем, показал, что материал характеризовался преобладанием пелитовых частиц (0.0045–0.007 мм) с небольшой примесью мелкого алеврита (0.015–0.02 мм). Объем пыли, выпадающей на поверхность, составлял от 0.05–0.1 до >6.5 г/м² [22]. При этом структурно-вещественный состав пыли определяется набором факторов, таких как источник и перераспределение материала в процессе его переноса воздушными массами. Интересно, что при прохождении пыльной бури 27 апреля 2024 г. фиксировалось преобладание частиц ближе к алевритистой размерности, чем к пелитовой. Однако достоверно подтвердить это невозможно без отбора соответствующих проб с поверхности.

Объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников в 2024 г. в Дальневосточном федеральном округе России составил 1660.1 тыс. т [23], а в Приморском крае – 203,654 тыс. т, из них: SO₂ – 49.171, CO – 39.522, NO и NO₂ – 22.238 (тыс. т) [24]. За аналогичный период выбросы на территориях провинций Хэйлунцзян и Цилинь составили 600 и 247 млн т соответственно [23–25]. Кроме того, необходимо принимать во внимание, что в северных и северо-восточных районах Китая ведется активная сельскохозяйственная деятельность. На 2020 г. в провинции Хэйлунцзян наблюдается сохранение тенденции повышения содержания углеводов и продуктов сжигания топлива при производстве пестицидов и обработке пахотных земель [26].

Трансграничное загрязнение атмосферного воздуха на юге Дальнего Востока России проявляется регулярно. Так, анализ данных станций мониторинга химического состава осадков показал рост их кислотности на юге Дальнего Востока России. Впервые аномально низкие pH снежного покрова были зарегистрированы на территории Приморского края в 2005 г. В районах, не подверженных локальному антропогенному загрязнению, была отмечена кислотность осадков ниже 4 единиц pH. При этом синоптические данные указывали на то, что устойчивый снежный покров в крае был сформирован в результате выхода пяти циклонов. Четыре из них сформировались в Восточном Китае и Желтом море [27]. Сформировавшиеся в загрязненной атмосфере урбанизированных районов Китая циклоны включили в свою циркуляцию кислотообразующие вещества.

Повышение содержания средних показателей частиц PM_{2.5} и PM₁₀ было зафиксировано в ноябре 2024 г., их значения достигали 0,0073 и 0,0046 мг/м³ соответственно, что превышает среднемесячные показатели в 1.27 раза. Анализ траекторий обратного переноса воздушных масс показал, что они проходили над северо-восточными районами Китая (рис. 2). Таким образом, данные по повышению содержания PM_{2.5} и PM₁₀ в районе расположения СЭМ Смычка согласуются с данными по повышению кислотности осадков при прохождении воздушных масс по аналогичной траектории [27].

В результате пожаров в атмосферу поступают разнообразные химические соединения. Объем и химический состав аэрозолей зависит от вида растительных горючих материалов. Достоверных оценок объема поступления аэрозолей в атмосферу в результате пожаров на Дальнем Востоке нет. Имеются только отдельные данные по регионам. Например,

Таблица 2

Содержание дисперсных частиц за период 25–29 апреля 2024 г. (мг/м³)

Table 2. The content of dispersed particles for the period April 25–29, 2024 (mg/m³)

Дата	Содержание частиц PM _{2.5}	Содержание частиц PM ₁₀
25 апреля	0.0019	0.0043
26 апреля	0.0054	0.0079
27 апреля	0.0091	0.0118
28 апреля	0.0081	0.0108
29 апреля	0.0023	0.0046

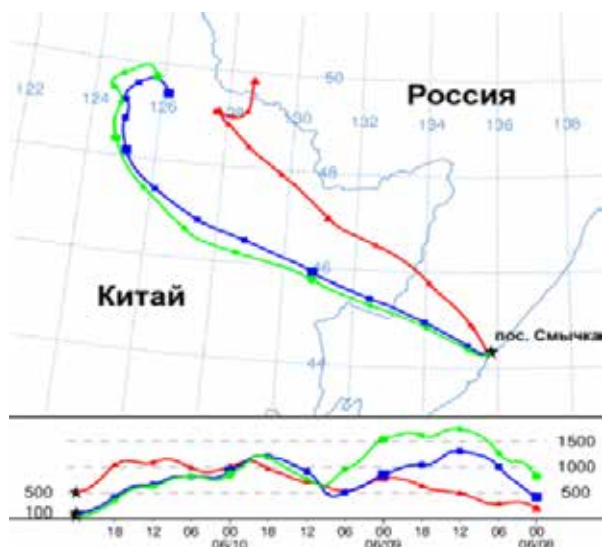


Рис. 2. Траектории обратного переноса воздуха в нижней тропосфере на 72 ч от 00 ВСВ 11 ноября

Fig. 2. Trajectories of reverse air transfer in the lower troposphere at 72 hours from 00 UTC on November 11

пление из южных районов Якутии – зоны интенсивных лесных пожаров.

Локальное влияние на состав атмосферного воздуха оказывает характер ведения хозяйственной деятельности на территории. Как отмечалось выше, станция экологического мониторинга располагается в пос. Смычка, где отсутствуют какие-либо предприятия, а застройка представлена частными домами. В осенне-весенний период обогрев домов осуществляется в том числе за счет печного отопления, что приводит к поступлению

объем эмиссии поллютантов в атмосферу при пожарах растительности в Еврейской автономной области в 2009 г. составил 51.397 т., из них 71.6 % приходится на CO_2 , 12.16 % – на углеводороды, 10.74 % – на альдегиды, 4.8 % – на СО и др. [28–30].

В 2024 г. в Якутии зафиксировали масштабные лесные пожары. По состоянию на 3 июля 2024 г. огонь охватил около 760 тыс. га леса [31]. На станции экологического мониторинга состояния окружающей среды в июле 2024 г. фиксировалось повышение средних значений частиц $\text{PM}_{2.5}$ и PM_{10} . Максимальные значения для $\text{PM}_{2.5}$ составляли 0,0112, для PM_{10} – 0,0082 мг/м^3 . Данные анализа обратных траекторий воздушных масс (рис. 3) отражают их посту-

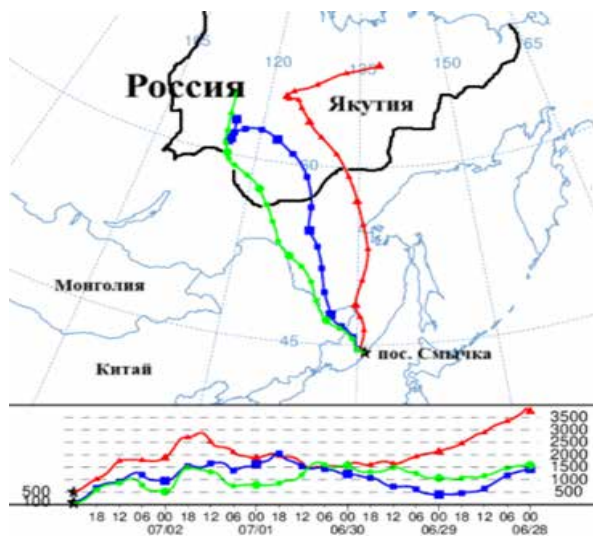


Рис. 3. Траектории обратного переноса воздуха в нижней тропосфере на 120 ч от 00 ВСВ 3 июля

Fig. 3. Trajectories of reverse air transfer in the lower troposphere at 120 hours from 00 UTC on July 3

держания частиц $\text{PM}_{2.5}$ и PM_{10} 8 апреля 2024 г. (рис. 4). В этот день происходило снижение температуры воздуха с 8.7 °С в 16 ч до 1 °С к 00 ч 9 апреля. Скорость ветра в данный период варьировалась от 2 до 4 м/с, что, согласно шкале Бофорта, соответствует 2–3 баллам (легкий или слабый ветер) [32, 33]. В период 16–18 ч отмечалось резкое увеличение частиц в воздухе: $\text{PM}_{2.5}$ с 0.0037 до 0.0093 мг/м^3 и PM_{10} с 0.0062 до 0.0118 мг/м^3 , что напрямую коррелирует с падением температуры воздуха. В это время люди возвращались домой с работы и растапливали печи. К 20 ч, после прогрева жилых помещений, отмечалось снижение содержания частиц $\text{PM}_{2.5}$ до 0.0018 и PM_{10} до 0.004 в воздухе к 00 ч.

Аналогичная картина проявления локального фактора загрязнения окружающей среды фиксировалась и в районе г. Спасск-Дальний, где расположены крупное промышленное предприятие цементный завод, железнодорожная станция, автомагистраль и частный жилой сектор. Однако вклад частного жилого сектора в данный процесс напрямую коррелирует с наступлением отопительного сезона [21].

Заключение

В настоящей работе представлены первые результаты обработки данных наблюдений станции экологического мониторинга состояния окружающей среды в Приморском крае. Применение современных методов оперативного получения информации позволяет осуществлять контроль за состоянием атмосферного воздуха и достоверно определять источники поступления загрязняющих веществ в регион. Проанализированные данные отражают значительное влияние трансграничного переноса со стороны Монголии и Китая, а также влияние региональных факторов, в первую очередь пожаров, на состояние воздушной среды края. Локальные источники поступления загрязняющих веществ также приводят к повышению содержания загрязняющих веществ в атмосфере исследуемого региона. Полученные данные полностью согласуются с данными ранее проведенных исследований. Необходимо отметить, что ни один из анализируемых показателей на СЭМ Смычка за 2024 г. не превышал ПДК.

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы государственного задания ТИГ ДВО РАН № 124053100009-5.

Acknowledgements. This work was accomplished under the state assignment to PGI FEB RAS No. 124053100009-5.

Литература

1. Мезенцева Л.И., Гришина М.А., Кондратьев И.И. Траектории и глубина циклонов, выходящих на территорию Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2019. № 4 (206). С. 54–62.
2. Дальний Восток: физико-географическая характеристика. М.: Издательство АН СССР, 1961. 441 с.
3. Кондратьев И.И., Перепелятников Л.В. Элементный состав и сезонная изменчивость аэрозоля в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике // V Дальневосточная конференция по заповедному делу. Владивосток, 2001. С. 149–150.
4. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.ru/> (дата обращения: 15.01.2025).
5. Примгидромет – Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.primgidromet.ru/> (дата обращения: 20.01.2025).
6. Иванов Г.И. Почвы Приморского края. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. 107 с.
7. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1985. 320 с.
8. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl_MO_01-01-2024.xlsx (дата обращения: 25.01.2025).

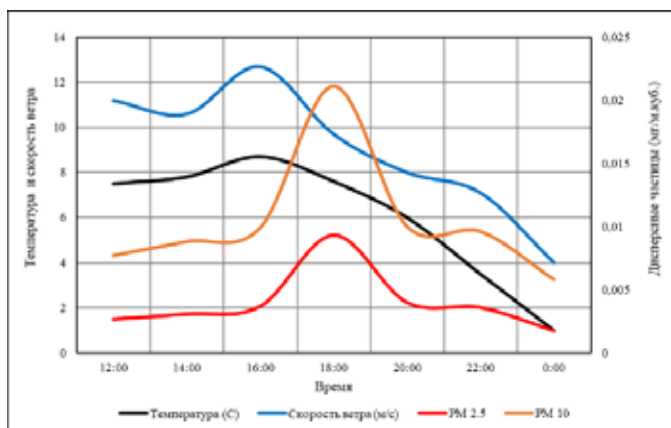


Рис. 4. Ход температуры воздуха, скорости ветра и содержания загрязняющих веществ с 12 до 24 ч 8 апреля 2024 г.

Fig. 4. The course of air temperature, wind speed and pollutants content from 12 to 24 hours on April 8, 2024

9. Шаров П.О. Свинец в окружающей среде пос. Рудная Пристань: оценка риска отравления детей: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2006. 185 с.
10. Голохваст К.С. Взаимодействие организмов с минералами. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. 112 с.
11. Холодов А.С., Чернышев В.В., Угай С.М. Дисперсный и химический состав атмосферных выпадений в снежном покрове городов Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2021. 292 с.
12. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2010–2020 годах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/upravlenie-prirodnikh-resurov/doklady-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-kr-ae.php?clear_cache=Y (дата обращения: 01.02.2025).
13. Холодов А.С. Геоэкологическая оценка загрязнения атмосферы малых и средних населенных пунктов Приморского края микроразмерными частицами: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 2019. 23 с.
14. Шукуров К.А. О связи РМ1.0 с обратными траекториями и скоростями воздушных масс по данным изменений на ЗНС ИФА РАН. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2022.
15. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 22 декабря 2017 г. № 165 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений”» (зарегистрировано в Минюсте РФ 09.01.2018 № 49557).
16. Air Resources Laboratory – HYSPLIT – Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php> (дата обращения: 10.02.2025).
17. National Oceanic and Atmospheric Administration. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.noaa.gov/> (дата обращения: 15.02.2025).
18. Куценогий К.П., Смирнова А.И. Метод обратных траекторий для идентификации источников атмосферных аэрозолей регионального и глобального масштабов. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2000.
19. Бакланов П.Я., Ганзей С.С., Качур А.Н. Трансграничный диагностический анализ. Владивосток: Дальнаука, 2002. 255 с.
20. Кондратьев И.И., Качур А.Н. Направление воздушных потоков над Сихотэ-Алинским биосферным заповедником // V Дальневосточная конференция по заповедному делу. Владивосток, 2001. С. 151–152.
21. Кондратьев И.И. Трансграничный атмосферный перенос аэрозоля и кислотных осадков на Дальний Восток России. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2014. 300 с.
22. Ганзей Л.А., Разжигаета Н.Г. Состав материала пыльных бурь на юге Дальнего Востока // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 3. С. 242–249.
23. Выбросы загрязняющих веществ | Государственный доклад – О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://2023.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyy-vozdush/vybrosy-zagryaznyayushchih-veschestv/> (дата обращения: 20.02.2025).
24. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2023 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/upravlenie-prirodnikh-resurov/doklady-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-kr-ae.php?clear_cache=Y (дата обращения: 22.02.2025).
25. Выбросы CO₂ в Китае | Мир данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ourworldindata.org/co2/country/china#what-are-the-country-s-annual-co2-emissions> (дата обращения: 01.03.2025).
26. Статистический портал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.statista.com/> (дата обращения: 11.03.2025).
27. Международный статистический портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://statbase.ru/data/chn-carbon-dioxide-emissions/> (дата обращения: 14.03.2025).
28. Luyang Zhang, Junyan Chu, Haiyang You, Zhihua Liu. Decomposition and scenario analysis of agricultural carbon emissions in Heilongjiang, China. 2024. P. 19.
29. Департамент Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по Дальневосточному федеральному округу. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dfo.meteorf.gov.ru/news/> (дата обращения: 03.03.2025).
30. Petäjä T., Ganzei K.S., Lappalainen H.K., Kulmala M., Zilitinkevich S.S., Shakirov R.B., Mishina N.V., Egidarev E.G., Kondrat'ev I.I. Assessment of the potential of the comprehensive observations in the Russian Far East. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 2020.
31. Коган Р.М., Глазов В.А. Пространственный прогноз возникновения пожаров на юге Дальнего Востока России по погодным и лесорастительным условиям // Вестник ТОГУ. 2014. № 1 (32). С. 107–116.
32. Метеосервис. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.meteoservice.ru/archive/vladivostok/2024/04/08> (дата обращения: 14.03.2025).
33. Шкала Бофорта // Большая российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5228125> (дата обращения: 01.03.2025).

References

1. Mezentseva, L.I.; Grishina, M.A.; Kondratev, I.I. Trajectories and Depth of Cyclones Reaching Primorye Territory. *Vestnik of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019, 4(206), 54–62. (In Russian)
2. Far East: Physical and Geographical Characteristics. Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR: Moscow, USSR. 1961; 441 p. (In Russian)
3. Kondratev, I.I.; Pereplyatnikov, L.V. Element Composition and Seasonal Variability of Aerosol in the Sikhote-Alin Biosphere Reserve. In *Proceedings of the V Far Eastern Conference on Nature Reserves*. Vladivostok. 2001, 149–150. (In Russian)
4. All-Russian Research Institute for Hydrometeorological Information – World Data Center. Available online: <http://meteo.ru/>. (accessed on 15 January, 2025). (In Russian)
5. Primgidromet. Primorsky Territorial Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Available online: <https://www.primgidromet.ru/>. (accessed on 20 January, 2025). (In Russian)
6. Ivanov, G.I. Soils of Primorsky Krai. Vladivostok: Far Eastern Book Publishers, 1964. 107 pp. (In Russian)
7. Isachenko, A.G. Landscapes of the USSR. Leningrad: Leningrad University Press, 1985. 320 pp. (In Russian)
8. Population Size of the Russian Federation by Municipal Units as of January 1, 2024. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl_MO_01-01-2024.xlsx. Accessed: January 25, 2025. (In Russian)
9. Sharov, P.O. Lead in the Environment of Rudnaya Pristan Village: Risk Assessment of Child Poisoning: Dissertation for Candidate Degree in Biological Sciences. Vladivostok, 2006. 185 pp. (In Russian)
10. Golokhvast, K.S. Interaction Between Organisms and Minerals. Vladivostok: DVGUTU Publishing House, 2010. 112 pp. (In Russian)
11. Kholodov, A.S.; Chernyshev, V.V., Ugay, S.M. Dispersed and Chemical Composition of Atmospheric Precipitation in Snow Cover of Cities in the Russian Far East. Vladivostok: Far Eastern Federal University Press, 2021. 292 pp. (In Russian)
12. Report on the Ecological Situation in Primorsky Krai from 2010 to 2020 [Electronic resource]. Access mode: https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/upravlenie-prirodnikh-resurov/doklady-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-krae.php?clear_cache=Y. Accessed: February 1, 2025. (In Russian)
13. Kholodov, A.S. Geoecological Assessment of Pollution in Small and Medium-Sized Settlements of Primorsky Krai with Microsized Particles: Abstract of a PhD Thesis in Geography. Vladivostok, 2019. 23 pp. (In Russian)
14. Shukurov, K.A. On the Relationship between PM 1.0 and Backward Trajectories and Wind Speeds According to Changes at the ZNS IFARAN. Vladivostok: Far Eastern Federal University Press, 2022. (In Russian)
15. Resolution of the Chief Sanitary Doctor of the Russian Federation dated December 22, 2017 No. 165 “On Approval of Hygienic Standards GN 2.1.6.3492-17 ‘Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Pollutants in Urban and Rural Areas’ Air”» (Registered at the Ministry of Justice of the Russian Federation on January 9, 2018 No. 49557). (In Russian)
16. Air Resources Laboratory – HYSPLIT – Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>. Accessed: February 10, 2025. (In English)
17. National Oceanic and Atmospheric Administration [Electronic resource]. Access mode: <https://www.noaa.gov/>. Accessed: February 15, 2025. (In English)
18. Kutsenogiy, K.P., Smirnova, A.I. Reverse Trajectory Method for Identifying Regional and Global Sources of Atmospheric Aerosols. Vladivostok: Far Eastern Federal University Press, 2000. (In Russian)
19. Baklanov, P.Ya., Ganzey, S.S., & Kachur, A.N. Transboundary Diagnostic Analysis. Vladivostok: Dalnauka, 2002. 255 pp. (In Russian)
20. Kondratev, I.I.; Kachur, A.N. Direction of Air Flows over the Sikhote-Alin Biosphere Reserve. *Proceedings of the V Far Eastern Conference on Nature Reserves*. 2001. Pp. 151–152. (In Russian)
21. Kondratev, I.I. Cross-Border Transport of Aerosols and Acid Precipitation to the Russian Far East. Vladivostok: Far Eastern Federal University Press, 2014. 300 p. (In Russian)
22. Ganzei L.A.; Razzhigaeva N.G. Composition of Sand Storm Particles in the Southern Far East. *Lithology and Mineral Resources*. 2006, 41 (3): 215–221. (In English)
23. Emissions of Polluting Substances | State Report – On the Status and Protection of the Environment in the Russian Federation in 2023 [Electronic resource]. Access mode: <https://2023.ecology-gosdoklad.ru/doklad/atmosfernyy-vozduh/vybrosy-zagryaznyayuschih-veschestv/>. Accessed: February 20, 2025. (In Russian)
24. Report on the Ecological Situation in Primorsky Krai in 2023 [Electronic resource]. Access mode: https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/forestry/upravlenie-prirodnikh-resurov/doklady-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-krae.php?clear_cache=Y. Accessed: February 25, 2025. (In Russian)
25. CO₂ Emissions in China | Data World [Electronic resource]. Access mode: <https://ourworldindata.org/co2/country/china#what-are-the-country-s-annual-co2-emissions>. Accessed: March 1, 2025. (In English)
26. Statistical Portal [Electronic resource]. Access mode: <https://www.statista.com/>. Accessed: March 10, 2025. (In English)
27. International Statistical Portal [Electronic resource]. Access mode: <https://statbase.ru/data/chn-carbon-dioxide-emissions/>. Accessed: March 15, 2025. (In English)

28. Luyang Zhang, Junyan Chu, Haiyang You, & Zhihua Liu. Decomposition and Scenario Analysis of Agricultural Carbon Emissions in Heilongjiang, China. 2024. P. 19. (In English)
29. Department of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring in the Far Eastern Federal District [Electronic resource]. Access mode: <https://dfo.meteorf.gov.ru/news/>. Accessed: March 3, 2025. (In Russian)
30. Petäjä, T.; Ganzei, K.S.; Lappalainen, H.K.; Kulmala, M.; Zilitinkevich, S.S.; Shakirov, R.B.; Mishina, N.V.; Egidarev, E.G.; Kondrat'ev, I.I. Assessment of the Potential of Comprehensive Observations in the Russian Far East. Finnish Meteorological Institute: Helsinki, Finland. 2020. (In English)
31. Kogan, R.M.; Glagolev, V.A. Spatial Prediction of Wildfires in the South of the Russian Far East Based on Weather and Forest Conditions. *TOGU Bulletin*. 2014, 1(32), 107–116. (In Russian)
32. Meteoservice [Electronic resource]. Access mode: <https://www.meteoservice.ru/archive/vladivostok/2024/04/08>. Accessed: March 14, 2025. (In Russian)
33. Beaufort Scale. *Big Russian Encyclopedia* [Electronic resource]. Access mode: <https://old.bigenc.ru/geography/text/5228125>. Accessed: March 1, 2025. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 14.05.2025; одобрена после рецензирования 16.10.2025; принята к публикации 20.10.2025.

The article was submitted 14.05.2025; approved after reviewing 16.10.2025; accepted for publication 20.10.2025.



Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия)

Александр Георгиевич ЗУБОВ¹
младший научный сотрудник
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

Алексей Николаевич НАУМОВ²
инженер
Naumov240395.2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4084-8028>

Сергей Сергеевич БУРНАТНЫЙ³
младший научный сотрудник
Burns@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4238-4263>

Павел Сергеевич МИНЮК⁴
кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией
minyuk@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-3825>

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия

²⁻⁴Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило ДВО
РАН, Магадан, Россия

Аннотация. Изучение процессов быстрых изменений ландшафта является всегда актуальным, поскольку они часто приносят ущерб местам обитания людей и, что важнее, представляют непосредственную опасность для жизни и здоровья людей. Целью данной работы стало исследование причин и последствий произошедшего в 2016 г. крупного оползня со склона яра Половинка, расположенного на правом берегу излучины р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия) в 20 км ниже по течению п. Кирганик Мильковского района Камчатского края. В результате комплексного анализа, включавшего полевые исследования, установлено, что оползень был обусловлен особенностями литолого-геоморфологического строения самого обрыва, подготовлен его подмывом в половодье и спровоцирован землетрясением. Установлено, что возможная дата случившегося события приходится на период 10 апреля – 4 мая. Наиболее вероятная дата 14 апреля. Вычислен объем (28 тыс. м³) и масса сошедшего осадочного материала (56 тыс. т), а также освобожденная при схождении оползня энергия ($2 \cdot 10^{10}$ Дж). Эта энергия в тротиловом эквиваленте соответствует примерно 5 т тринитротолуола. Отличительной особенностью этого оползня являлась высокая скорость его схождения при сохранении структуры отделившегося от склона тела оползня. Из-за приобретенной высокой кинетической энергии и пониженного трения благодаря водяной подушке оползневые массы практически целиком пересекли реку и отложились на левом берегу. Передвижение оползня происходило крупными мерзлыми блоками, сохранившими в целом геологический разрез исходного обнажения. Такие крупные оползни и обвалы с крутых берегов непредсказуемы и могут быть смертельно опасными для населения.

Ключевые слова: обвал, оползень, деляпсий, землетрясение, р. Камчатка, Центральная Камчатская депрессия

Для цитирования: Зубов А.Г., Наумов А.Н., Бурнатный С.С., Минюк П.С. Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия) // Тихоокеанская география. 2025. № 4. С. 99–108. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_8.

Original article

A large landslide from the slope of the Polovinka steep bank across the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression)

Alexander G. ZUBOV¹,
Junior research associate
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

Alexey N. NAUMOV²,
Engineer
Naumov240395.2@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4084-8028>

Sergei S. BURNATNY³,
Junior research associate
Burns@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4238-4263>

Pavel S. MINYUK⁴
Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the laboratory,
minyuk@neisri.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8186-3825>

¹Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia
zubov@kscnet.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1580-1025>

²⁻⁴N.A. Shilo North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute FEB RAS, Magadan, Russia

Abstract. The investigation of the processes of rapid landscape changes is always relevant as they often damage human habitats and, more importantly, pose a direct danger to human life and health. The purpose of this study was to investigate the causes and consequences of a large landslide that occurred in 2016 on the slope of the Polovinka steep bank, located on the right bank of the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression), 20 km downstream from Kirganik Settlement in the Milkovsky District of Kamchatka Krai (158° 55.670' east, 54° 54.654' south). It was concluded that the landslide displacement was caused by the peculiarities of the geological and geomorphological structure of the cliff, eroded by floodwaters and triggered by an earthquake. The possible date of the event was between April 10 and May 4. The calculated volume of the descended deposition is 28 thousand cubic meters. The relevant mass of the descended rocks is 56 thousand tons. The estimated energy released during the landslide is $2 \cdot 10^{10}$ J. This energy in the TNT equivalent corresponds to 5 tons of trinitrotoluene. A distinctive feature of this landslide was the high rate of displacement while maintaining the structure of the landslide. Due to the acquired high kinetic energy and reduced friction on the water cushion, the landslide masses almost completely passed through the river and deposited on the left bank. At the same time, the movement of the landslide occurred in large frozen blocks, which retained the overall structure of the original outcrop. Given the high risk of powerful landslides and landslides from steep banks with unpredictable displacement time, it is proposed to install warning signs and explanatory shields for river routes users, as well as for steep slope observers and the nearest river banks visitors.

Keywords: landfall, landslide, delapsies, earthquake, Kamchatka River, Central Kamchatka Depression

For citation: A.G. Zubov, A.N. Naumov, S.S. Burnatny, P.S. Minyuk. A large landslide from the slope of the Polovinka steep bank across the Kamchatka River (Central Kamchatka Depression). *Pacific Geography*. 2025;(4):99-108. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_24_8.

Введение

Положительные формы рельефа обладают повышенной потенциальной энергией, освобождение которой в результате внезапных природных изменений может привести к необратимым ландшафтным разрушениям. В зависимости от вещественного состава спускающихся масс (вода, грязь, грунт, камни, лед, снег) и механизма движения такие катаклизмы называют наводнениями, селями, лахарами, оползнями [1, 2], обвалами, лавинами. Существенные и быстрые изменения ландшафта происходят при активизации сейсмо-тектонических процессов, а также в результате вулcano-тектонических движений, приводящих к обрушению старых вулканических построек, нарастанию новых форм рельефа при вулканических извержениях в ходе излияний лавовых и пирокластических потоков, в процессе формирования пирокластических отложений, а также явлений, связанных с ускоренным таянием ледников [3–9]. Значительные быстрые ландшафтные изменения на суше возможны также в результате бурных ветровых воздействий, мощных ливней, сезонных подъемов воды в реках, а в прибрежных зонах морей и крупных озер еще и от воздействия штормов и цунами.

В ряде работ приведены примеры сравнительно недавних ландшафтных катастроф с анализом произошедшего [10–16], содержатся результаты теоретического моделирования катастрофических ландшафтных событий [17], обзоры известных методик прогнозирования смещения оползней [18], информация о структуре современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки [19].

В данной публикации содержится анализ произошедшего в 2016 г. мощного сползании пород со склона яра (крутого обрыва) Половинка, расположенного на правом берегу р. Камчатка. Целью этой работы было оценить масштабность этого события, выявить его причины и последствия. Среди поставленных задач наиболее важны следующие: описание геолого-геоморфологических последствий произошедшего события, определение его по времени и разработка вероятного сценария схождения оползневых масс.

Яр Половинка является сложно построенным массивом Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), сложенным рыхлыми и слабо сцементированными четвертичными отложениями общей мощностью 80–120 м, которые были детально изучены [20–23]. Для вулканологических исследований обнажение яра Половинка представляет особый интерес, поскольку содержит в своих недрах хорошо стратифицированные горизонты захороненных отложений плейстоценовых вулканических пеплов, которые в хорошем состоянии обнаруживаются только в обнажениях ЦКД и практически не встречаются в других местах полуострова.

Материалы и методы

Обнажение яра Половинка расположено на правом берегу р. Камчатка в 20 км ниже по течению от п. Кирганик Мильковского района Камчатского края (158° 55.670' в.д., 54° 54.654' с.ш.). Оно представляет собой крутой береговой обрыв высотой около 100 м и протяженностью 300 м по излучине реки. По нашим наблюдениям склон яра регулярно с грохотом осыпается пачками обвалных пород разного размера. Особенно интенсивно это происходит в дождливую погоду. Крутизна склона достигает до 80 градусов. Верхняя поверхность яра разбита заросшими неглубокими оврагами и покрыта лесом.

В обнажении выделяются следующие основные толщи осадочных отложений (рис. 1, снизу вверх): 1) нижние 4 м – озерные водоупорные алевролиты в виде синих и сизовато-серых суглинков и супесей (так называемые синие глины) с вкраплениями подслоев тонкозернистых песков; 2) аллювиальные, хорошо перемытые пески и галечники, имеющие общую мощность до 25 м; 3) песчано-галечная толща с глинистым заполнителем мощностью 18 м; 4) преимущественно супесчаная толща мощностью до 35 м. Более детальное описание разреза можно найти в [20, 24].

Наиболее устойчивы к выветриванию и разрушению толщи 1 и 3. По кровле «синих глин» стекают многочисленные ручейки, которые питаются из водоносных горизонтов и водой, возникающей в результате таяния многолетней мерзлоты. Сами водоупоры практически не размываются, поэтому ручейки образуют мелкие водопады. В то же время залегающая на «синих глинах» песчаная толща, являющаяся водоносной, разрушается очень интенсивно, особенно в истоках мелких ручьев, где в толще образуются цирки. В некоторых местах цирки врезаются до 10 м вглубь обнажения.



Рис. 1. Поверхность отрыва оползня. Вид с верхней части оползневых образований (деляпсия) на противоположном берегу. Река протекает между яром и деляпсией и на снимке не видна

Fig. 1. The plane of the breakaway of the landslide. View from the top of the landslide formations (delusion) on the opposite shore. The river flowing between the steep bank and delapsies is not visible in the picture

Обнажение расположено в зоне развития многолетнемерзлых толщ, сохранившихся со времен оледенения и проявляющихся в характерном рельефе полигональной тундры. Мощность оттаявшего слоя невелика. Осенью 2016 г. мерзлотная толща располагалась на глубине в 1.8 м ниже кромки обрыва и в 1 м от поверхности свежего отрыва.

Для оценки результатов схождения оползня использовались данные измерения координат средствами GPS и фотографии авторов с места события (см. рис. 1, 2, 3). Для определения даты события анализировались космические снимки, каталог сейсмических событий. Для расчетов параметров отложений использованы программы Qgis и моделирование простыми объемными фигурами.

Результаты и их обсуждение

Полевой осмотр показал, что сход оползня произошел на самом дренируемом участке обнажения. Плоскость срыва на тот момент была хорошо выражена в обнажении (см. рис. 1). Она отличалась крутизной, и на ней отсутствовала растительность. Согласно свидетельствам местных жителей последствия схода были обнаружены в апреле 2016 г. Опубликованной информации по этому событию выявить не удалось. Космические снимки позволяют понять, что данное событие произошло между 10 апреля и 4 мая. Мы полагаем, что в весеннее половодье произошел размыв нижней алевролитовой толщи, являющейся

естественным фундаментом всего обнажения, и огромная масса отложений верхних толщ рухнула вниз, пересекла реку и остановилась на противоположном низменном левом берегу р. Камчатка, захоронив под собой участок прибрежного леса.

«Спусковым крючком» оползания могло стать одно из нередких для Камчатки землетрясений. Ниже приведена информация из сейсмологического каталога 2016 г. [25] о землетрясениях с эпицентрами в радиусе дуги большого круга $\Delta\alpha^{\circ} < 8^{\circ}$ от местоположения яра Половинка, произошедших в предполагаемом промежутке времени. Из всего списка событий наиболее существенное воздействие могли оказать три ближайших землетрясения с эпицентрами на восточном побережье Камчатки, удаленными менее чем на 190 км (см. табл.).

Таблица

Землетрясения с ближайшими эпицентрами за период 10 апреля – 4 мая 2016 г.
Table. Earthquakes with the nearest epicenters for the period April 10 – May 4, 2016

№	Дата	Время начала, чч:мм:сс.с	Северная широта, градусы	Восточная долгота, градусы	h, км	MPSP	$\Delta\alpha^{\circ}$	L, км
801	14.04	3: 6:11.1	53.73	160.77	43	5.9	1.60	177
856	16.04	17:51:43.7	53.77	160.80	66	4.2	1.58	175
878	19.04	6:21:18.2	53.70	160.88	67	4.0	1.66	185

Примечание: h – глубина гипоцентра, MPSP – магнитуда колебаний источника, рассчитанная по продольной волне, $\Delta\alpha^{\circ}$ – расстояние от эпицентра до яра Половинка по дуге большого круга, L – расстояние от эпицентра до яра Половинка.

Очевидно, самым существенным из приведенных сейсмических событий следует признать землетрясение № 801, произошедшее 14 апреля 2016 г. Оно было одним из ближайших, наименее глубоким и значительно более сильным. При неустойчивом положении пород на склоне яра такое сейсмическое событие могло послужить толчком для схода оползня.

Осмотр отложившихся на другом берегу осадочных образований показал, что произошедший процесс не был обвально-осыпным, иначе все слагающие разрез породы были бы перемешаны. Перемещены огромные блоки с ненарушенной структурой и слоистостью (рис. 2), предположительно, находившиеся в мерзлом состоянии. Сползли с верха яра и преодолели реку даже целые блоки с почвенными и подпочвенными слоями вместе с растущими в них деревьями из леса верхней части яра (см. рис. 1). Сохранность разреза позволяет идентифицировать данный сход пород как оползень, а отложившийся материал называть деляпсием (оползневый коллювий или оползневые образования от лат. delabor – соскальзывать [26]). Высокая скорость перемещения, развитая на крутом спуске, позволила отделившемуся объему пород по инерции проскочить реку с малыми потерями. Это дает основание отнести оползень к категории «экстремально быстрый» (до 5 м/с [27]). Возможно, цельности блочной структуры способствовала водяная подушка, которая могла образоваться при пересечении реки деляпсием. Она снизила силу трения, вызывающую перемешивание материала. Мог уменьшить трение также снежный покров на берегах, который, судя по космическим снимкам, еще не стоял в то время.

Нахождение верхних толщ (задней часть деляпсия) на левом берегу указывает на практически полное перемещение обвального материала через реку. Деляпсий хорошо сохранился и не размыв водой, что говорит о том, что подъем воды после схода оползня был невысоким или его не было. Возможно, низкому уровню подъема воды способствовал сброс части поднявшегося речного потока по низкой пойме и через старое русло (рис. 3), имеющего ширину около 10 м.

Параметры сохранившегося шлейфа деляпсия: координаты крайних точек 54° 54.729' с.ш., 158° 55.728' в.д. и 54° 54.804' с.ш., 158° 55.901' в.д.; длина 230 м; ширина 120 м; площадь 17000 м² (см. рис. 3); высота на отдельных участках превышает 5 м; объем примерно 28000 м³. При предполагаемой величине средней плотности сползших пород, рав-



Рис. 2. Горизонтальная структура деляпися. Вид сбоку

Fig. 2. Horizontal structure of the delapsies. Side view

ной 2 т/м^3 (для сырого песка, влажной земли), общая масса деляпися составляет 56 тыс. т. Величину потенциальной энергии W , содержащейся в сползших породах перед обрушением, можно вычислить по формуле

$$W = mgh,$$

где m – масса тела; $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести; h – высота расположения центра тяжести над уровнем осаднения. Моделируем форму сошедшего слоя как тонкий параллелепипед высотой 100 м. С учетом того, что плотность пород увеличивается сверху вниз, его центр тяжести будет расположен немного ниже середины. Тогда при $h = 30\text{--}40 \text{ м}$,



Рис. 3. Вид с верхней части яра. Контур деляпися. А, В – точки с приведенными в тексте координатами. Серая стрелка указывает расположение старого русла

Fig. 3. View from the top of the steep bank. Outline of the delapsies. A, B are the points with the coordinates given in the text. The gray arrow indicates the location of the old riverbed

$W = (1.6-2.2) \cdot 10^{10}$ Дж. Для специалистов горнодобывающей отрасли, сейсмологов и военных привычнее представить эту энергию в тротиловом эквиваленте. В таком случае ее можно сопоставить с энергией взрыва 4–5 т тринитротолуола. Изначальная потенциальная энергия отделившихся пород в основном перешла в кинетическую, а в конечном итоге вся энергия через трение и разрушение структур перешла в тепловую и диссипировала.

Подобные оползневые процессы характерны для всего Дальнего Востока, периферия которого отличается высокой сейсмо-тектонической активностью. Так, недавно, 17 июня 2024 г., СМИ распространили информацию о сходе в Сахалинской области крупного оползня. Минтранс Сахалинской области сообщало о перекрытии дороги Углегорск–Поречье–Орлово в Углегорском районе оползнем объемом 5000 м³ [28]. Оказывается, такое событие не было неожиданным [29], и ущерб от него можно было предотвратить.

По словам директора Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН Юрия Генсиоровского [29], начиная с 2006 по 2014 г. СФ ДВГИ ДВО РАН по заказу министерства строительства Сахалинской области выполнял оценку развития опасных экзогенных геодинамических процессов (сели, снежные лавины, оползни) для большой территории Сахалинской области. Оценка селевой и лавинной опасности проводилась для всех населенных пунктов региона. Оползневая оценка была сделана для территории некоторых городов. На тот момент это было единственное такое исследование среди субъектов Российской Федерации. Итогом работ стали крупномасштабные карты, схемы планировочных ограничений к генеральным планам населенных пунктов.

Работы по оценке и профилактике оползневой опасности финансово затратны, плановые контрмеры нередко запаздывают, что часто приводит к невозможности своевременного предупреждения последствий оползней и неконтролируемым ситуациям. В данном случае сходжение гораздо менее крупного оползня на Сахалине, в отличие от малоизвестного камчатского, произвело широкий отклик в СМИ, поскольку это событие продемонстрировало угрозу жизни транспортным экипажам на оживленной трассе и нанесло ущерб дорожному хозяйству.

Заключение и выводы

Несмотря на большой объем и занимаемую площадь деляпися, образовавшегося от оползня с яра Половинка, произошедшее событие не привело к катастрофическим последствиям, поскольку не повлекло серьезных нарушений природной среды данного региона и благодаря удаленности не повлияло на хозяйственную деятельность местных жителей. Могли лишь временно пострадать нерестилища лососевых пород рыб, которые располагались на этом участке русла и ниже по течению.

Регулярные деструкции яра Половинка из-за дальности его расположения не представляют опасности для жителей близлежащих поселений и не наносят существенный вред хозяйственной деятельности. Однако крупные оползни могут оказаться смертельно опасными для экипажей и пассажиров речного транспорта, часто проходящего мимо. Кроме того, кажущаяся безопасность размещения лагерей рыбаков, охотников, военных, исследователей или путешественников даже на противоположном левом низменном берегу напротив яра обманчива, о чем и свидетельствуют рассмотренные здесь ландшафтные изменения 2016 г. Представляют опасность даже менее масштабные события. В августе 1960 г. во время исследования геоморфологии обнажения яра Половинка, по словам одного из участников инцидента, небольшим обвалом были сбиты с ног и накрыты двое сотрудников Института вулканологии. К счастью, благодаря оперативности и взаимопомощи им удалось быстро выбраться из-под завала и никто из них серьезно не пострадал.

Опасность для случайных свидетелей обрушений яра могут представлять также наводнения, которые могут возникнуть на месте и выше по течению из-за временного пере-

крытия русла реки. Наиболее безопасно размещение полевых лагерей на берегу ниже по течению от крутого участка яра либо на возвышенностях выше по течению.

Река Камчатка является судоходной. Произошедшее мощное геологическое событие говорит о необходимости предупреждения путешественников об осторожности при пребывании в опасной зоне на подобных участках речных маршрутов хотя бы посредством щитовых оповещений. Более высоким уровнем профилактики чрезвычайных событий мог бы стать регулярный мониторинг состояния опасных береговых образований на реке.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ № 15-05-06420. Авторы благодарят Д.В. Мельникова (ИВиС ДВО РАН) за предоставление необходимой информации по спутниковым снимкам. Авторы благодарны В.Е. Быкасову (ИВиС ДВО РАН) за полезные советы при подготовке статьи.

Acknowledgments. The work has been accomplished with partial support from the Russian Foundation for Basic Research Project No. 15-05-06420. The authors thank D.V. Melnikov (IVS FEB RAS) for providing the necessary information on satellite images. The authors are grateful to V.E. Bykasov (IVS FEB RAS) for helpful advice in preparing the article.

Литература

1. Петров Н.Ф. Теоретические основы классификации оползней // Вестник Чувашского университета. Гуманитарные науки. 2005. № 3. С. 267–284.
2. Ежов В.С., Хорошилов В.С. Строение и классификация оползней // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. № 6. С. 54–61.
3. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А. Гигантские обвалы на вулканах // Вулканология и сейсмология. 1984. № 4. С. 14–23.
4. Мелекесцев И.В., Дирксен О.В., Гирина О.А. Гигантский эксплозивно-обвальный цирк и обломочная лавина на вулкане Бакенинг (Камчатка, Россия) // Вулканология и сейсмология. 1998. № 3. С. 12–24.
5. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. «Век» вулканических катастроф в раннем голоцене Курило-Камчатской области // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск, 1998. С. 146–153.
6. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В., Базанова Л.И., Пинегина Т.К., Дирксен О.В. 0-650 гг. – этап сильнейшего природного катастрофизма нашей эры на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2003. № 6. С. 3–23.
7. Ponomareva V.V., Melekestsev I.V., Dirksen O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia // J. Volcanol. Geotherm Res. 2006. No. 158. P. 117–138.
8. Пономарева В.В., Мелекесцев И.В., Базанова Л.И., Биндеман И.Н., Леонов В.Л., Сулержицкий Л.Д. Вулканические катастрофы на Камчатке в среднем плейстоцене-голоцене // Экстремальные природные явления и катастрофы: в 2 т. / Т. 1: Оценка и пути снижения негативных последствий экстремальных природных явлений. М.: ИФЗ РАН, 2010. С. 219–238.
9. Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Дирксен О.В., Дирксен В.Г. Вулканические катастрофы позднего плейстоцена – голоцена на Камчатке и Курильских островах. Часть 1. Типы и классы катастрофических извержений – главных компонентов вулканического катастрофизма // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 3–21. DOI: 10.7868/S0203030616030020.
10. Геологическая катастрофа в Долине гейзеров // Вестник КРАУНЦ. 2007. Вып. 9, № 1. С. 9.
11. Пинегина Т.К., Делемень И.Ф., Дрознин В.А., Калачева Е.Г., Чирков С.А., Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Леонов В.Л., Селиверстов Н.И. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 33–44.
12. Двигало В.Н., Мелекесцев И.В. Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвальных и обвально-оползневых процессов в Камчатской Долине гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 5. С. 24–37.
13. Воробьевский И.Б., Дрознин В.А., Фролова Н.Л., Чижова В.П. Гидрологические и рекреационные последствия катастрофического селя в Долине гейзеров (Камчатка) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2010. № 2. С. 46–52.
14. Тавасиев Р.А., Галушкин И.В. Каменно-ледовый обвал с горы Казбек 17 мая 2014 года // Вестн. Владикавказ. НЦ. 2014. Т. 14, № 2. С. 43–45.
15. Тавасиев Р.А. Катастрофические обвалы с ледника Девдорак // Вестн. Владикавказ. НЦ. 2015, Т. 15. № 1. С. 50–57.
16. Котляков В.М., Рототаева О.В., Носенко Г.А., Десинов Л.В., Осокин Н.И., Чернов Р.А. Кармадонская катастрофа: что случилось и чего ждать дальше. М.: Издательский дом «Кодекс», 2014. 184 с.

17. Важенин Б.П. Сценарии прорыва сейсмогенных, ледниковых и иных природных плотин в горных долинах // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 394. С. 230–238. DOI: 10.17223/15617793/394/37.
18. Wenping Gong, Shaoyan Zhang, C. Hsein Juang, Huiming Tang, Shiva P. Pudasaini. Displacement prediction of landslides at slope-scale: Review of physics-based and data-driven approaches // *Earth-Science Reviews*. 2024. Vol. 258. 104948.
19. Скрыльчик Г.П., Крылов И.И., Качур А.Н., Невский В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки // *Тихоокеанская география*. 2023. № 4. С. 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4.
20. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И.С., Лупкина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 228 с.
21. Куприна Н.П. Стратиграфия и история осадконакопления плейстоценовых отложений Центральной Камчатки. М.: Наука, 1970. 148 с.
22. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Новые данные о возрасте плейстоценовых отложений Центральной Камчатской депрессии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13, № 1. С. 106–115.
23. Певзнер М.М., Пономарева В.В., Сулержицкий Л.Д. Голоценовые почвенно-пирокластические чехлы Центральной Камчатской депрессии: возраст, строение, особенности осадконакопления // *Вулканология и сейсмология*. 2006. № 1. С. 24–38.
24. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В. Четвертичные оледенения Центральной Камчатской депрессии и их значение для расчленения молодых вулканогенных пород Камчатки // Стратиграфия вулканогенных формаций Камчатки. М.: Наука, 1966. С. 168–177.
25. Сейсмологический каталог (сеть телесейсмических станций) [FTP]. *Единая геофизическая служба Российской академии наук*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/new/catalog> (дата обращения: 17.01.2025).
26. ДЕЛЯПСИЙ // Большая российская энциклопедия. Т. 8. Москва, 2007. С. 487. <https://old.bigenc.ru/geology/text/1946322> (дата обращения: 16.09.2024)
27. Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. The Varnes classification of landslide types, an update // *Landslides*. 2014. 11 (2). P. 167–194.
28. Оперативное сообщение об оползне на Сахалине: [Электронный ресурс]. Режим доступа: t.me/mintrans_sakh/3149 (дата обращения: 16.09.2024).
29. Редакционная онлайн статья. Сахалинские ученые предвидели опасность оползня на дороге в Углегорском районе еще в 2015 году // Вестник инженерных изысканий. 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://izyskateli.info/2024/06/sahalinskie-uchyonye-predvideli-opasnost-opolznaya-na-doroge-v-uglegorskoy-rajoneshhe-v-2015-godu/> (дата обращения: 27.01.2025).

References

1. Petrov, N.F. Theoretical foundations of landslide classification. *Vestnik of the Chuvashsky University. Humanities*. 2005, 3, 267–284. (In Russian)
2. Ezhov, V.S.; Khoroshilov, V.S. Structure and classification of landslides. *Interexpo Geo-Siberia*. 2022, 6, 54–61. (In Russian)
3. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A. Gigantic Collapses on Volcanoes. *Volcanology and Seismology*. 1988, 4(6), 495–508. (In Russian)
4. Melekestsev, I.V.; Dirksen, O.V.; Girina, O.A. A giant explosive-landslide cirque and a detrital avalanche on Bakening volcano, Kamchatka. *Volcanology and Seismology*. 1998, 4, 495–508. (In Russian)
5. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A.; Ponomareva, V.V.; Sulzerzhitskiy, L.D. The “Century” of volcanic catastrophes in the Early Holocene of the Kuril-Kamchatka region. *Global environmental changes*. Novosibirsk, Russia, 1998, 146–153 (In Russian)
6. Melekestsev, I.V.; Braitseva, O.A.; Ponomareva, V.V.; Bazanova, L.I.; Pinegina, T.K.; Dirksen, O.V. 0-650 A.D.: A phase of great natural catastrophism during our era in Kamchatka. *Volcanology and seismology*. 2003, 6, 3–23. (In Russian)
7. Ponomareva, V.V.; Melekestsev, I.V.; Dirksen, O.V. Sector collapses and large landslides on Late Pleistocene-Holocene volcanoes in Kamchatka, Russia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2006, 158, 117–138.
8. Ponomareva, V.V.; Melekestsev, I.V.; Bazanova, L.I.; Bindeman, I.N.; Leonov, V.L.; Sulzerzhitskiy L.D. Volcanic catastrophes in Kamchatka in the Middle Pleistocene-Holocene. *Extreme environmental hazards and catastrophes. Vol. 1: Evaluation and ways to reduce negative consequences of extreme environmental phenomena*. Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences: Moscow, Russia, 2010, 219–238. (In Russian)
9. Bazanova, L.I.; Melekestsev, I.V.; Ponomareva, V.V.; Dirksen, O.V.; Dirksen, V.G. Late Pleistocene and Holocene volcanic catastrophes in Kamchatka and in the Kuril Islands. Part 1. Types and classes of catastrophic eruptions as the leading components of volcanic catastrophism. *Journal of Volcanology and Seismology*. 2016, 3(10), 151–169. DOI: 10.7868/S0203030616030020 (In Russian)
10. Geological catastrophe in the Valley of Geysers. *Vestnik KRAUNTS*. 2007, 1(9), 9. (In Russian)

11. Pinegina, T.K.; Delemen, I.F.; Droznin, V.A.; Kalacheva, E.G.; Chirkov, S.A.; Melekestsev, I.V.; Dvigalo, V.N.; Leonov, V.L.; Seliverstov, N.I. Kamchatka Valley of Geysers after the catastrophe on 3 June 2007. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2008, 1, 33–44. (In Russian)
12. Dvigalo, V.N.; Melekestsev, I.V. The geological and geomorphic impact of catastrophic landslides in the Geyser Valley of Kamchatka: Aerial photogrammetry. *Journal of Volcanology and Seismology*. 2009, 3(5), 314–325. DOI 10.1134/S0742046309050029. (In Russian)
13. Vorobievsky, L.B.; Droznin, V.A.; Frolova, N.L.; Chizhova, V. P. Hydrological and recreational effects of a catastrophic mudflow in the Geiser Valley (the Kamchatka Peninsula). *Vestnik of Moscow University. Series 5. Geography*. 2010, 2, 46–52. (In Russian)
14. Tavasiev, R.A.; Galushkin, I.V. Rock-ice collapse of Kazbek Mountain dated May 17, 2014. *Vestnik of Vladikavkaz Science Center*. 2014, 2(14), 43–45. (In Russian)
15. Tavasiev, R.A. Catastrophic collapses from the Devdorak Glacier. *Vestnik of Vladikavkaz Science Center*. 2015, 1(15), 50–57. (In Russian)
16. Kotlyakov, V.M.; Rototaeva, O.V.; Nosenko, G.A.; Desinov, L.V.; Osokin, N.I.; Chernov, R.A. Karmadon catastrophe: What happened and what we should wait for in future. «Kodeks» Publishing House. Moscow, Russia. 2014, 184. (In Russian)
17. Vazhenin, B.P. Destruction scenarios for seismogenic, glacial and any other natural dams in mountain valleys. *Tomsk State University Journal*. 2015, 394, 230–238. DOI 10.17223/15617793/394/37 (In Russian)
18. Gong, W.; Zhang, S.; Juang, C.H.; Tang, H.; Pudasaini, S.P. Displacement prediction of landslides at slope-scale: Review of physics-based and data-driven approaches. *Earth-Science Reviews*. 2024, 258, 104948. DOI 10.1016/j.earscirev.2024.104948.
19. Skrylnik G.P., Krylov I.I., Kachur A.N., Nevsky V.N. The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka. *Pacific Geography*. 2023, 4, 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4. (In Russian)
20. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V.; Evteeva, I.S.; Lupikina, E.G. Stratigraphy of Quaternary deposits and glaciation of Kamchatka. Nauka: Moscow, Russia, 1968; 228 p. (In Russian)
21. Kuprina, N.P. Stratigraphy and history of sedimentation of Pleistocene deposits of Central Kamchatka. Nauka: Moscow, Russia, 1970; 148 p. (In Russian)
22. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V.; Sulerzhitskii, L.D. New data on the Pleistocene deposits in the Central Kamchatka depression. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2005, 1(13), 99–107. (In Russian)
23. Pevzner, M.M.; Ponomareva, V.V.; Sulerzhitsky, L.D. Holocene soil-pyroclastic successions in the Central Kamchatka depression: ages, structure, depositional features. *Volcanology and seismology*. 2006, 1, 24–38. (In Russian)
24. Braitseva, O.A.; Melekestsev, I.V. Quaternary glaciations of the Central Kamchatka Depression and their significance for the dissection of young volcanogenic rocks of Kamchatka. *Stratigraphy of volcanogenic formations of Kamchatka*. Nauka: Moscow, Russia, 1966; 168–177. (In Russian)
25. Seismological catalog (network of teleseismic stations) [FTP] *Geophysical Survey of Russia Academy of Sciences*. Available online: <http://www.ceme.gsras.ru/new/catalog> (accessed on 17 January 2025). (In Russian)
26. Delapsies. The Great Russian Encyclopedia. V. 8. Moscow. 2007. p. 487. Available online: <https://old.bigenc.ru/geology/text/1946322> (accessed on 16 September 2024). (In Russian)
27. Hungr, O.; Leroueil, S.; Picarelli, L. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*. 2014, 11 (2), 167–194.
28. Operational report on the landslide on Sakhalin. Available online: t.me/mintrans_sakh/3149 (accessed on 16 September 2024). (In Russian)
29. Online editorial. Sakhalin scientists foresaw the danger of a landslide on the road in the Uglegorsky district back in 2015. *Bulletin of Engineering Surveys*. 2024. Available online: <https://izyskateli.info/2024/06/sahalinskie-uchyonye-predvideli-opasnost-opolznya-na-doroge-v-uglegorsk-rajone-eshhe-v-2015-godu/> (accessed on 27 January 2025). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 31.01.2025; одобрена после рецензирования 23.04.2025; принята к публикации 30.04.2025.

The article was submitted 31.01.2025; approved after reviewing 23.04.2025; accepted for publication 30.04.2025.



Международная научно-практическая конференция «Великий Азиатский водораздел: география, экономика, экология»

С 6 по 8 октября 2025 г. в г. Улан-Удэ в стенах Байкальского института природопользования СО РАН состоялась Международная научно-практическая конференция «Великий Азиатский водораздел: география, экономика, экология».

Мероприятие, организованное при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Российской академии наук, Сибирского отделения РАН, Байкальского института природопользования СО РАН и Русского географического общества, объединило ведущих ученых из России, Китая, Монголии и стран Центральной Азии. В работе конференции приняли участие представители Российской академии наук, Монгольской академии наук, Китайской академии наук, а также научные и образовательные организации Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана и Внутренней Монголии (КНР). В течение двух дней участники обсуждали актуальные вопросы трансграничного сотрудничества и устойчивого развития региона.

В первый день состоялось пленарное заседание, которое началось с приветствий от представителей исполнительной и законодательной власти Республики Бурятия, а также руководителей делегаций. Выступления представителей власти задали конструктивный тон мероприятию и подчеркнули его практическую ориентированность, а также готовность власти

к диалогу с научным сообществом. Заместитель председателя СО РАН акад. РАН Николай Петрович Похиленко отметил необходимость тесного взаимодействия ученых трансграничных территорий и согласования интересов всех участвующих сторон. Он также подчеркнул важность всестороннего обсуждения этих вопросов и пожелал участникам конференции успешной и плодотворной работы.

После торжественного открытия участники погрузились в насыщенную научную программу, в рамках которой прозвучали доклады, которые комплексно осветили различные аспекты изучения территорий вдоль Великого Азиатского водораздела — начиная от климатических изменений и трансграничного стока и заканчивая вопросами экономики, социального развития и «зеленых» технологий. Докладчики сосредоточились на глобальных климатических и экологических процессах: акад. РАН Ендон Жамьянович Гармаев представил доклад о трансформации природной среды Великого Азиатского водораздела в условиях изменения климата. Президент Монгольской академии наук академик Дэмбэрэл Содномсамбуу осветил конкретные меры и проекты, направленные на региональное развитие Монголии. Проф. Дун Суочэн (Китай) поделился опытом зеленого развития в регионах Китая и России, подчеркнув важность экологи-



Общее фото участников Пленарного заседания конференции



Академики РАН Тулохонов А.К., Похиленко Н.П. и ведущий профессор Дун Суочэн (Китай, Пекин)

чески устойчивых моделей экономики. Ученые из Казахстана представили результаты конкретных исследований – проф. Азамат Сансызбаевич Мадиевков рассказал о первых результатах исследования микропластика в озере Маркаколь на Казахстанском Алтае. Острой проблеме межгосударственного вододелиения в Центральной Азии и путям ее решения был посвящен доклад проф. Догдурбека Токтосартовича Чонтоева и проф. Мирлана Муктаровича Дылдаева (Республика Кыргызстан).

Особое внимание в докладах было уделено современным системам наблюдения и моделирования: чл.-корр. РАН Наталья Леонидовна Фролова представила данные наблюдений и моделирования по эмиссии метана из российских водохранилищ — важный вклад в понимание парникового эффекта. Чл.-корр. РАН Кирилл Сергеевич Ганзей выступил с докладом о создании трансграничного геоинформационного пространства для юга Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая, что является ключевым инструментом для совместного планирования и управления. Вопросам сохранения биоразнообразия и эффективности особо охраняемых природных территорий в бассейне р. Амур был посвящен доклад чл.-корр. РАН Марии Викторовны Крюковой.

В выступлении чл.-корр. РАН Валерия Юрьевича Фридовского была раскрыта важная роль академической науки в укреплении минерально-сырьевой базы Северо-Востока России. Проф. РАН, д.б.н. Евгения Александровна Головацкая рассказала о развитии российской системы климатического мониторинга в условиях меняющегося климата. Д.т.н. Александр Тимофеевич Зиновьев представил результаты моделирования и мониторинга гидрофизического каркаса экосистемы Телецкого озера. Д.г.н. Сергей Романович Чалов подвел итоги 15-летнего сотрудничества в области гидрогеохимических исследований на р. Селенга усилиями БИП СО РАН и МГУ им. М.В. Ломоносова. Завершил научную часть дня доклад акад. РАН Арнольда Кирилловича Тулохонова «Великая степь в XXI веке: прошлое и новые вызовы». Ученый представил масштабный взгляд на исторические перспективы и актуальные угрозы, стоящие перед одним из ключевых регионов Евразии.

Все прозвучавшие доклады и поднятые в них проблемы стали предметом оживленного обсуждения на круглом столе «Современные проблемы приграничных и трансграничных территорий».

Второй день работы был посвящен секционным заседаниям, которые охватили два ключе-



Академики МАН Дэмбэрэл С., Рэгдэл Д.



Проф. Мадиевков А.С. (Казахстан, Алматы)



Проф. Чонтоев Д.Т. (Кыргызстан, Бишкек)

вых направления. Первое было сфокусировано на вопросах геоэкологического мониторинга, оценки рисков и стратегий устойчивого развития уязвимых территорий, в первую очередь бассейна озера Байкал. На второй секции были представлены доклады, посвященные современным экологическим технологиям и практическим решениям в области природопользования.

Состав участников и география исследований (оз. Байкал, бассейн р. Амур, Центральная Азия, Монгольское плато) подтвердили, что экологические и экономические вызовы носят трансграничный характер и требуют консолидированных усилий научного сообщества разных стран. Конференция стала значимой площадкой для укрепления научного диалога и выработки совместных подходов к решению общих экологических и экономических вызовов, стоящих перед странами Азиатского региона.

По итогам мероприятия его участники отметили продуктивность дискуссий и договорились о дальнейшем развитии сотрудничества. Организаторы уверены, что диалог, начатый сегодня, послужит укреплению научного сотрудничества и выработке конкретных решений для устойчивого развития территорий Великого Азиатского водораздела.

*В.С. Батомункуев,
bvalentins@binm.ru*

*Е.Ц. Пунтаева,
scsec@binm.ru*

*М.А. Жарникова,
zharnikova@binm.ru
Байкальский институт
природопользования СО РАН*

VII Международная конференция «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии»



Фото участников конференции

VII Международная конференция «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии» прошла с 21 по 23 октября 2025 г. в г. Владивосток на базе Тихоокеанского института географии (ТИГ ДВО РАН). Это мероприятие собрало представителей ведущих научных учреждений России и Китая, в том числе Института водных и экологических проблем ДВО РАН (ИВЭП ДВО РАН), Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (ИГ СО РАН), Северо-Восточного института географии и агроэкологии КАН (СВИГАЭ КАН), а также Альянса Национальных и Международных Научных Организаций региона «Один пояс, один путь» КНР (ANSO). Конференция была нацелена на укрепление международного научного сотрудничества, обмен результатами исследований и обсуждение актуальных проблем и решений в области устойчивого развития, экологии и рационального использования ресурсов в Северо-Восточной Азии.

Первая Международная конференция по ресурсам, окружающей среде и устойчивому развитию в Северо-Восточной Азии была органи-

зована Северо-Восточным институтом географии и агроэкологии Китайской академии наук совместно Тихоокеанским институтом географии и Институтом водных и экологических проблем ДВО РАН в июне 2014 г. в городе Чанчунь (КНР). Предполагалось, что эта конференция, проводимая на регулярной основе, объединит исследователей географических институтов региона в области освоения ресурсов, экономического развития, экологических и климатических изменений, а также стратегий регионального устойчивого развития.

В приветственной речи на открытии конференции чл.-корр. РАН К.С. Ганзей, директор ТИГ ДВО РАН, отметил важность междисциплинарных подходов и международного сотрудничества, подчеркнув, что устойчивое развитие региона требует скоординированных усилий научного сообщества и органов власти обеих стран. Генеральный директор СВИГАЭ КАН Цзян Мин акцентировал внимание аудитории на стратегической значимости двустороннего сотрудничества и роли конференции как площадки для обмена знаниями и практиками.

На заседании секции «Трансформация природных геосистем и их компонентов в контексте климатических изменений и антропогенного воздействия»



Во время работы конференции были затронуты следующие темы: трансформация природных геосистем в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия, устойчивое управление водными и земельными ресурсами, проблемы биоразнообразия и сохранения экосистем, а также социально-экономические аспекты развития приграничных территорий. Особое внимание уделялось развитию транспортных и экономических коридоров, а также вопросам сотрудничества в рамках инициативы «Один пояс, один путь».

В рамках пленарной сессии с ключевыми докладами выступили ведущие ученые региона. Чжан Цзинцзе (СВИГАЭ КАН) представил доклад о моделировании решений для управления качеством трансграничных вод. Известный китайский географ Дун Сочэн из Ин-

ститута географических наук и исследований природных ресурсов КАН (г. Пекин) осветил перспективы сотрудничества в области морских перевозок и развития Северного морского пути. В.М. Шулькин (ТИГ ДВО РАН) рассказал о роли коллоидных форм в химическом составе рек Северо-Восточной Азии. Д.В. Черных (Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул) представил оценку ландшафтно-гидрологических условий Восточно-Казахстанского региона.

Среди секционных выступлений выделялись доклады Д.В. Кобылкина (ИГ СО РАН) об эоловом морфогенезе Западного Забайкалья в контексте климатических изменений, Чжана Гуансина (СВИГАЭ КНР) об экологических рисках аграрного комплекса Китая, Цзоу Юаньчунь (СВИГАЭ КАН) об устойчивости агро-экосистем в бассейне оз. Малая Ханка, Анастасии Мядзелец (ИГ СО РАН), представившей геоинформационные технологии для устойчивого развития охраняемых природных территорий. Также интерес аудитории вызвали доклады Ян Цифэн (СВИГАЭ КАН), В.В. Бардюка (Национальный парк «Земля леопарда»), Чжан Пинюя (СВИГАЭ КАН), Ся Бин (Институт географических наук и исследований природных ресурсов КАН, г. Пекин).

В течение двух дней более 50 ученых из России, Китая в своих докладах и выступлениях затронули широкий спектр вопросов – от влияния загрязнителей на плодородие почв и оценки экосистемных услуг до анализа содержания стойких органических загрязнителей в биологических объектах и социально-экономического развития приграничных территорий.

Участники конференции также обсуждали современные региональные вызовы, такие как изменения климата, антропогенная нагрузка на экосистемы и необходимость трансграничного сотрудничества. Были обозначены новые направления для совместных исследований в



На заседании секции «Социально-экономические проблемы регионального развития Северо-Восточной Азии, Евразийское пространство, регион «Один пояс, один путь»

области мониторинга водных ресурсов, оценки углеродного баланса экосистем и разработки моделей «зеленой» экономики для региона; подчеркнута важность интеграции научных данных в процесс принятия управленческих решений для обеспечения устойчивого развития.

Конференция завершилась пленарной сессией, в ходе которой были подведены итоги и намечены направления дальнейших исследований и совместных проектов. Участники отметили эффективность диалога и важность углубления сотрудничества по таким проблемам, как масштабные трансграничные экологические и экономические вызовы.

Конференция прошла в продуктивной и дружественной атмосфере, способствующей активному научному диалогу и установлению новых профессиональных контактов. Участники высоко оценили уровень организации мероприятия и научную значимость представленных материалов. После закрытия конференции для ее участников организована экскурсия на остров Рус-

ский с посещением мемориального комплекса «Ворошиловская батарея» и парка «Патриот».

VII конференция подтвердила статус ТИГ ДВО РАН как платформы взаимодействия исследователей по вопросам устойчивого развития и охраны природы Северо-Восточной Азии, а также расширила научное сотрудничество между Россией и КНР в таких важных сферах, как климатические изменения, экология и зеленое развитие.

Проведение следующей, VIII конференции запланировано в г. Хабаровск в 2026 г., что свидетельствует о намерениях научного сообщества продолжать и расширять научно-практическое взаимодействие в регионе Северо-Восточной Азии.

*А.С. Ланкин,
alankin@tigdvo.ru*

*В.В. Жариков,
zhar@tigdvo.ru*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Авторский указатель статей, опубликованных в 2025 году

- АНТОНОВ А.Л. См. Махинов А.Н.
АРХИПОВА А.С. См. Теренина Н.К.
АХМАЕВА Э.Э. Перспективы использования рекреационного потенциала пляжных территорий острова Русский. № 3, с. 85. Она же. См. Жариков В.В.
БАЛАБЕЙКИНА О.А., ЗИВРЕЕВА М.Э., ЯНКОВСКАЯ А.А. История формирования государственной территории и системы административного деления Мексики. № 3, с. 5.
БАТОМУНКУЕВ В.С., ПИНТАЕВА Е.Ц., ЖАРНИКОВА М.А. Международная научно-практическая конференция «Великий Азиатский водораздел: география, экономика, экология». № 4, с. 109.
БЕЛЯЕВ Д.А. См. Глущенко Ю.Н.
БЕЛЯНИН П.С. См. Разжигаева Н.Г.
БОЕНКОВ С.А. Политико-географический аспект первого этапа формирования системы российских поселений в Приамурье (1848–1858 гг.). № 2, с. 55.
БОЛДЕСКУЛ А.Г. См. Шамоу В.В.
БОНДАРЕНКО М.В. См. Хорошев А.В.
БУРНАТНЫЙ С.С. См. Зубов А.Г.
ВАСИЛЕВСКАЯ Л.Н. См. Лисина И.А.
ВАСИЛЕВСКИЙ Д.Н. См. Лисина И.А.
ВШИВКОВА Т.С. См. Шамоу В.В.
ГАНЗЕЙ К.С. См. Харченко С.А.
ГАНЗЕЙ Л.А. См. Разжигаева Н.Г.
ГЛУЩЕНКО Ю.Н., БЕЛЯЕВ Д.А., КОРОБОВ Д.В. Территориальное распределение гнездящихся птиц Приморского края. № 2, с. 77.
ГОНЧИКОВ Ц.Д. См. Цыденов Б.Б.
ГРЕБЕННИКОВА Т.А. См. Разжигаева Н.Г.
ДАРМАН Ю.А., МАТЮХИНА Д.С. Динамика численности группировки амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) на территории юго-западного Приморья. № 4, с. 77.
ДЕГУСАРОВА В.С., МАРТЫНОВ В.Л., САЗОНОВА И.Е. Рецензия на книгу: Смирнова А.А., Смирнов И.П., Ткаченко А.А. Расселение: основные понятия, подходы, результаты исследований. № 2, с. 113.
ЖАРИКОВ В.В., РАЗЖИГАЕВА Н.Г., ШВЕДОВ В.Г., НЕВСКИЙ В.Н. XIII Всероссийская научная конференция «Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, социальные и хозяйственные системы». № 2, с. 107. Он же, Ланкин А.С., Ахмаева Э.Э. Морское пространственное планирование в Китае. № 4, с. 62. Он же. См. Ланкин А.С.
ЖАРКОВ Д.М. См. Харченко С.А.
ЖАРНИКОВА М.А. См. Батомункуев В.С.
ЗИВРЕЕВА М.Э. См. Балабейкина О.А.
ЗУБОВ А.Г., НАУМОВ А.Н., БУРНАТНЫЙ С.С., МИНЮК П.С. Крупный оползень со склона яра Половинка через р. Камчатка (Центральная Камчатская депрессия). № 4, с. 99.
КИРЬЯНОВ-ГРЕФ Ф.К. См. Хорошев А.В.
КЛИМИН М.А. См. Разжигаева Н.Г.
КНЯЗЕВ Ю.П. Индустриальные и промышленные ландшафты в списке Всемирного наследия. № 2, с. 29.
КОНДРАТЬЕВ И.И. Сезонная изменчивость химического состава атмосферных осадков и влажных выпадений (по данным станций EANET-Приморская). № 3, с. 65.
КОПОТЕВА Т.А. См. Разжигаева Н.Г.
КОРОБОВ Д.В. См. Глущенко Ю.Н.

- КРУЧЕНИН И.С. Пространственный анализ нефтегазовой отрасли Восточной Сибири: разработка инструментария и его апробация. № 3, с. 73.
- КУДРЯВЦЕВА Е.П. См. Разжигаяева Н.Г.
- ЛАНКИН А.С., ЖАРИКОВ В.В. VII Международная конференция «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии». № 4, с. 112. Он же. См. Жариков В.В.
- ЛИСИНА И.А., ВАСИЛЕВСКИЙ Д.Н., ВАСИЛЕВСКАЯ Л.Н. Причины формирования наводнения в бассейне реки Раздольная в 2023 году. № 1, с. 73.
- ЛУПАКОВ С.Ю. См. Шапов В.В.
- ЛУЦЕНКО Т.Н. См. Шапов В.В.
- МАРТЫНОВ В.Л. См. Дегусарова В.С.
- МАСАЛЕВА К.Р. См. Останина С.Е.
- МАТЮХИНА Д.С. См. Дарман Ю.А.
- МАХИНОВ А.Н., АНТОНОВ А.Л. Географические исследования и открытия А.Ф. Миддендорфа на Дальнем Востоке России (к 180-летию экспедиции на Дальний Восток). № 1, с. 82.
- МИНЮК П.С. См. Зубов А.Г.
- МОНГУШ С.П. Республика Тыва в Ангаро-Енисейском макрорегионе (экономико-географический анализ). № 2, с. 44.
- МОХОВА Л.М. См. Разжигаяева Н.Г.
- НАЗАРОВ Н.Н. Особенности проявления русловых процессов в устьевых областях приливных рек. № 1, с. 18.
- НАУМОВ А.Н. См. Зубов А.Г.
- НЕВСКИЙ В.Н. Рельеф как фактор позднелеолитического заселения Северо-Восточной Сибири. № 1, с. 95. Он же. Рефрен в геоморфологии: определение, области применения, перспективы. № 3, с. 96. Он же. См. Жариков В.В.
- НИКОЛАЕВА Е.Д. См. Теренина Н.К.
- НИКУЛИНА Т.В. См. Шапов В.В.
- ОСИПОВ К.А. Пространственная дифференциация электорального поведения в Токийской агломерации: факторы и закономерности. № 1, с. 5.
- ОСТАНИНА С.Е., МАСАЛЕВА К.Р., ЦЫГАНКОВ В.Ю. Комплексный гидрохимический мониторинг поверхностных вод бухты Парис (залив Петра Великого, Японское море) в 2021–2022 гг. № 2, с. 66.
- ПИНТАЕВА Е.Ц. См. Батомункуев В.С.
- РАЗЖИГАЕВА Н.Г., ГАНЗЕЙ Л.А., ГРЕБЕННИКОВА Т.А., МОХОВА Л.М., БЕЛЯНИН П.С., КУДРЯВЦЕВА Е.П., ШЕКМАН Е.А., КОПОТЕВА Т.А., КЛИМИН М.А. Васьковское болото как природный архив изменений среды Сихотэ-Алинского биосферного района в позднем голоцене. № 3, с. 44. Она же. См. Жариков В.В.
- САЗОНОВА И.Е. См. Дегусарова В.С.
- СЕРЁДКИН И.В. Морфометрическая характеристика бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Среднем Сихотэ-Алине. № 1, с. 63.
- СЕРЫХ И.В., ТРУСЕНКОВА О.О. Изменение приповерхностной температуры Дальневосточного региона по данным реанализа ERA5 за 1940–2023 гг. и моделям CMIP6 до 2099 г. № 1, с. 48.
- СИНЬКОВА И.С. См. Шестеркин В.П.
- СУХОВЕЕВА А.Б. См. Харламов А.С. Она же. Смертность населения Еврейской автономной области от причин, обусловленных алкоголем в период экономических кризисов 2015–2022 гг. № 4, с. 25.
- ТАНАНАЕВ Н.И., ТИМОФЕЕВ М.А. Оценка изменчивости среднегодовой температуры воздуха в климатических моделях для территории Камчатского края. № 4, с. 48.
- ТЕРЕНИНА Н.К., НИКОЛАЕВА Е.Д., АРХИПОВА А.С. Контактные зоны славян с коренными народами азиатской части Российской империи в конце XIX века. № 2, с. 20.
- ТИМОФЕЕВ М.А. См. Тананаев Н.И.
- ТКАЧЕНКО Г.Г., ШВЕДОВ В.Г. Особенности пространственной структуры Амурского трансграничного транспортного кольца. № 2, с. 5.
- ТРУСЕНКОВА О.О. См. Серых И.В.
- УРБАНОВА Ч.Б. См. Цыденов Б.Б.
- ХАРЛАМОВ А.С., СУХОВЕЕВА А.Б. Субъективная оценка состояния здоровья населения Приморского края в современных медико-демографических условиях. № 3, с. 19.

- ХАРЧЕНКО С.А., ЖАРКОВ Д.М., ГАНЗЕЙ К.С. Влияние трансграничных переносов на загрязнение атмосферы Приморского края в 2024 г., на примере поселка Смычка. № 4, с. 88.
- ХОМЧЕНКО О.С. См. Шестеркин В.П.
- ХОРОШЕВ А.В., БОНДАРЕНКО М.В., КИРЬЯНОВ-ГРЕФ Ф.К. Информативность вегетационных индексов для исследования видового состава и фитомасс в горно-лесных ландшафтах хребта Тукурингра. № 3, с. 30.
- ЦЫГАНКОВ В.Ю. См. Останина С.Е.
- ЦЫДЕНОВ Б.Б., ГОНЧИКОВ Ц.Д., УРБАНОВА Ч.Б. Анализ динамики половозрастной структуры населения Забайкальского края за 1970–2024 гг. № 4, с. 38.
- ЧЕРКАШИН А.К. География как точная наука. № 4, с. 5.
- ШАМОВ В.В., ЮРЧЕНКО С.Г., БОЛДЕСКУЛ А.Г., ЛУЦЕНКО Т.Н., ЛУПАКОВ С.Ю., ВШИВКОВА Т.С., НИКУЛИНА Т.В. Гидролого-гидрохимическая характеристика малых рек города Владивосток. № 1, с. 33.
- ШВЕДОВ В.Г. См. Жариков В.В. Он же. См. Ткаченко Г.Г.
- ШЕКМАН Е.А. См. Разжигаева Н.Г.
- ШЕСТЕРКИН В.П., СИНЬКОВА И.С., ХОМЧЕНКО О.С. Гидрохимия водных объектов питомника имени Лукашова города Хабаровск. № 2, с. 97.
- ЮРЧЕНКО С.Г. См. Шамов В.В.
- ЯНКОВСКАЯ А.А. См. Балабейкина О.А.

Адрес редакции:

690041 Владивосток, ул. Радио, 7, каб. 215
тел. +7 (423) 232-06-46
E-mail: rac_geogr@tigdvo.ru
<http://tigdvo.ru/zhurnal-tihookeanskaya-geografiya/>

Издатель:

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
690041 Владивосток, ул. Радио, 7
Тел. +7 (423) 232-06-72

Выход в свет 23.12.2025 г.

Формат 70 × 108/16

Усл. печ. л. 10,2

Уч.-изд. л. 9,46

Тираж 100 экз. Заказ 15

Цена свободная

Отпечатано:

ИП Мироманова И.В.

690106 Владивосток, ул. Нерчинская, 42-102

Свидетельство Роскомнадзора о регистрации ПИ № ФС77-78620 от 08.07.2020 г.