

ISSN 2687-0509

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ



1 (21).2025

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ

Научный журнал

Учредитель

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

1 (21). 2025

Журнал основан в 2020 г.

Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение территориальных социально-экономических систем и их компонентов

ОСИПОВ К.А. Пространственная дифференциация электорального поведения в Токийской агломерации: факторы и закономерности 5

Изучение природных геосистем и их компонентов

НАЗАРОВ Н.Н. Особенности проявления русловых процессов в устьевых областях приливных рек 18

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 33

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. . 48

СЕРЁДКИН И.В. Морфометрическая характеристика бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Среднем Сихотэ-Алине 63

ЛИСИНА И.А., ВАСИЛЕВСКИЙ Д.Н., ВАСИЛЕВСКАЯ Л.Н. Причины формирования наводнения в бассейне реки Раздольная в 2023 году 73

МАХИНОВ А.Н., АНТОНОВ А.Л. Географические исследования и открытия А.Ф. Миддендорфа на Дальнем Востоке России (к 180-летию экспедиции на Дальний Восток) 82

НЕВСКИЙ В.Н. Рельеф как фактор позднепалеолитического заселения Северо-Восточной Сибири 95

Правила для автора 104

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

Заместитель главного редактора
К.С. ГАНЗЕЙ – 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:

- | | | |
|-----------------|---|--|
| Бровка 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) |
| Пинью 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

1 (21). 2025

The journal was founded in 2020

Periodicity – 4 times a year

CONTENTS

Examination of the territorial socio-economic systems and their components

OSIPOV K.A. Spatial differentiation of electoral behavior in the Tokyo metropolitan area: factors and patterns 5

Examination of the natural geosystems and their components

NAZAROV N.N. Particular manifestation of channel processes in the tidal river mouth areas 18

SHAMOV V.V., YURCHENKO S.G., BOLDESKUL A.G., LUTSENKO T.N., LUPAKOV S.Yu., VSHIVKOVA T.S., NIKULINA T.V. Hydrological and hydrochemical characteristics of small rivers of the Vladivostok City 33

SERYKH I.V., TRUSENKOVA 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 48

SERYODKIN I.V. Morphometric characteristics of brown bears captured for scientific research in the Middle Sikhote-Alin 63

LISINA I.A., VASILEVSKY D.N., VASILEVSKAYA L.N. Causes of a flood formation in the Razdolnaya River basin in 2023 73

MAKHINOV A.N., ANTONOV A.L. Geographical research and discoveries by A.F. Middendorf in the Russian Far East (on the 180th anniversary of the expedition to the Far East) 82

NEVSKY V.N. Relief as a factor of the Late Paleolithic settlement of North-Eastern Siberia 95

Instructions for authors 104

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 – 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) |
| Suocheng 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. | – | Correspondent Member of RAS, Research Adviser of Institute of Water Ecological Problems of FEB RAS (Khabarovsk) |
| Zharikov V.V. | – | PhD (Geography), Deputy Director of Pacific Geographical Institute of FEB RAS (Vladivostok) |



Пространственная дифференциация электорального поведения в Токийской агломерации: факторы и закономерности

Константин Анатольевич ОСИПОВ

аспирант

kostia.osipov2015@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0001-0140-4109>

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия

Аннотация. В настоящее время широко распространены и востребованы различные электоральные исследования городов и агломераций. В городах, особенно в крупнейших, темп жизни очень ускоренный, состав населения более пестрый, проблемы и конфликты многогранны, вследствие чего борьба политических партий и кандидатов за голоса избирателей на выборах очень острая и непредсказуемая. В каждой агломерации и стране электоральные особенности проявляются по-разному. Токийская агломерация, пройдя за последние десятилетия все основные стадии развития и урбанизации, демонстрирует пример хорошо развитой иерархической системы городов, между которыми сложились устойчивые социально-экономические связи, а на территории агломерации можно выделить функциональные зоны. В данной агломерации, как и в целом в Японии, развито местное самоуправление, при этом многие партии решают сугубо локальные проблемы, а стратегии по привлечению поддержки избирателей парламентскими силами довольно сильно различаются в зависимости от уровня выборов. В данном исследовании выявлены территориальная дифференциация и особенности поддержки японскими избирателями основных политических партий на выборах разных уровней в рамках Токийской агломерации в период с 1999 по 2023 г. На основе данных о результатах муниципальных выборов определены электоральная принадлежность основных профессиональных и социальных групп населения, их основное место работы и проживания по функциональным зонам, а также динамика предпочтений за рассматриваемый период. Показана зависимость электорального выбора избирателя столичной области от возраста и уровня образования. Приведено описание основных действующих электоральных группировок в зависимости от их политической ориентации и поддерживаемых профессиональных групп избирателей.

Ключевые слова: Токийская агломерация, электоральная география, пространственная дифференциация, «экологический» подход, метод электоральных перегруппировок

Для цитирования: Осипов К.А. Пространственная дифференциация электорального поведения в Токийской агломерации: факторы и закономерности // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 5–17. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_1.

Spatial differentiation of electoral behavior in the Tokyo metropolitan area: factors and patterns

Konstantin A. OSIPOV

postgraduate student

kostia.osipov2015@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0140-4109>

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Abstract. This article is devoted to the study of electoral behavior of voters in cities and metropolitan areas. Nowadays, this topic is widespread and in demand among scientists, researchers and politicians. In cities, especially in the largest cities, the pace of life is very accelerated, the composition of the population is more colorful, problems and conflicts are multifaceted, so the struggle of political parties and candidates for electoral votes in elections is very sharp and unpredictable. In each agglomeration and country, the electoral characteristics manifest themselves differently. The cities of Japan are the closest in structure and historical dynamics to their Western analogs. The Greater Tokyo Urban Area, having passed through all the main stages of development and urbanization in recent decades, demonstrates an example of a well-developed hierarchical system of cities and metropolitan areas, between which there are stable socio-economic ties and functional zoning of the territory. In this agglomeration, as in Japan as a whole, local self-government is strongly developed, many parties solve purely local problems, and the strategies for attracting voter support by parliamentary forces vary quite widely depending on the level of elections. In this study, the author has identified the territorial differentiation and characteristics of Japanese voters' support for major political parties in elections at different levels within the Greater Tokyo Urban Area from 1999 to 2023. On the material of municipal elections, the electoral affiliation of the main professional and social groups of the population, their main place of work and residence by functional zones, as well as the dynamics of preferences for the period under consideration have been determined. The dependence of the electoral choice of the elector of the metropolitan area depending on age and level of education is proved. The main current electoral groupings, depending on their political orientation and supported professional groups of voters are given.

Keywords: The Greater Tokyo Area, electoral geography, spatial differentiation, “ecological” approach, critical elections

For citation: Osipov K.A. Spatial differentiation of electoral behavior in the Tokyo metropolitan area: factors and patterns. *Pacific Geography*. 2025. (1):5-17. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_1.

Введение

Основная борьба за голоса избирателей на выборах разворачивается в городах, где сосредоточена значительная и разнообразная по социальному составу часть населения, включая наиболее образованных и высококвалифицированных граждан. Географическая близость способствует более тесному, оперативному и устойчивому взаимодействию между людьми и компаниями, что положительно сказывается на росте местной экономики. Развитие городов значительно усложняет и трансформирует социально-экономическую структуру территории. Постоянно возникающие проблемы и конфликты в городах неизбежно влияют на электоральную активность, а также на поведение политических партий и избирателей. Например, в США те, кто имеет возможность мигрировать, стараются поселиться рядом со схожими по уровню доходов и взглядам на жизнь людьми, что часто формирует электоральную однородность целых районов городов на выборах [1]. В Япо-

нии женщины чаще побеждают, если баллотируются в урбанизированном избирательном округе [2].

Города давно вышли за рамки своих административных границ, активно распространяя свое влияние и образ жизни на близлежащие территории, формируя с ними устойчивые двусторонние связи. Это явление получило название «городская агломерация» и стало объектом изучения в географической науке с 1970-х гг. благодаря работам французского исследователя Мишеля Руже, который занимался вопросами «расползания» городов [3, 4].

В научной литературе можно встретить различные трактовки термина «агломерация». Согласно теории «пространственной экономики», агломерация представляет собой городскую территорию, где центростремительные силы преобладают над центробежными, что сопровождается повышением производительности труда, увеличением добавленной стоимости товаров и услуг, а также ростом цен на землю и недвижимость [4]. В американской практике распространен термин «метрополитенская территория», которая выделяется по более высокой плотности населения по сравнению с сельской местностью и развитой системой иерархических экономических связей [3, 4]. В России изучение агломераций традиционно осуществляется в рамках теории расселения и планировочного каркаса населенных мест с целью выявления оптимальных способов рационального использования людских и материальных ресурсов на ограниченной территории. С этой точки зрения агломерации представляют собой промежуточное звено между крупными регионами расселения и самими городскими поселениями. В структуре агломерации обычно выделяют ядро, представленное главным городом, а также ближнюю и дальнюю зоны, которые различаются по частоте и интенсивности маятниковой миграции [5].

Наряду с термином «агломерация» часто используется понятие «конурбация». В западных странах этот термин часто выступает как синоним «городской агломерации» [3]. В российской практике под «конурбацией» обычно понимается «суперагломерация» полицентрического типа [6].

Токийская агломерация (The Tokyo Urban Area) остается крупнейшим в мире по численности населения городским образованием (37 750 000 чел. в 2023 г.) [7], а по данным Чикагского Совета по международным отношениям – также по величине экономики (1 536.9 млрд долл.). Для сравнения: экономика г. Москва, занявшего в том же рейтинге 10-е место, оценивается в 526.0 млрд долл. [8]. В столичной области Японии концентрируется 27.4 % населения и 32.3 % валового внутреннего продукта страны [4, 7]. Токийская агломерация является полицентрической. Главное ядро составляют 23 специальных района г. Токио, каждый из которых по юридическому статусу равен отдельному городу. Здесь сосредоточена основная часть японских компаний, государственных учреждений и СМИ. Ядра поменьше – это города-миллионники: Иокогама, Кавасаки, Сайтама, а также крупные города Тиба и Сагамихара. Основная часть активности внутри названных городов сосредотачивается вокруг железнодорожных станций, создающих существенный пассажиропоток [9]. Исключений немного, среди них отдельно стоит выделить г. Цукуба, являющийся крупнейшим в стране научным и инновационным центром.

Целью исследования является выявление пространственной дифференциации электоральных предпочтений избирателей; определение факторов, обуславливающих взаимосвязанность результатов выборов и социально-демографических процессов в Токийской агломерации.

Материалы и методы

Существуют различные подходы к изучению электорального поведения, среди которых выделяются «экологический» метод и теория критических выборов («электоральных перегруппировок»). Основой «экологического» подхода является выявление

значимых закономерностей между результатами выборов и различными социально-экономическими и демографическими факторами с использованием корреляционного анализа. Суть метода заключается в поиске связи между определенными факторами и изменениями результатов выборов. Эта связь носит вероятностный характер и классифицируется по степени тесноты (сильная, средняя, слабая) и направлению (прямая или обратная) [10]. Соответствие географии повышенной поддержки определенной партии или кандидата и распространения конкретной социальной или этнической группы позволяет заключить, что эта группа чаще голосует за данную политическую силу [11]. Акцент ставится на поиск ключевых конфликтов (разломов) в обществе и пространстве: между центром и периферией, между работниками и работодателями (классовый раскол) [12].

Метод «электоральных перегруппировок» исходит из концепции чередования спокойных периодов с устойчивыми электоральными предпочтениями избирателей и моментов кардинальной перестройки идеологического поля страны, называемыми «критическими выборами» [6, 13]. Выделяют среди них 4 типа: сохраняющие, отклоняющие, перегруппирующие и конвертирующие. В первом типе преобладающие политические силы сохраняют свое доминирующее положение после выборов; во втором – партия большинства временно терпит поражение при сохранении основного электората; в третьем – происходит полное изменение электорального ландшафта и баланса сил, в четвертом типе, конвертирующем, партия побеждает за счет не родного электората [14]. Данный метод применим к выборам различных уровней: существуют исследования электоральных предпочтений на промежуточных выборах в Великобритании, референдумах во Франции или местных выборах в Японии [15].

В данной работе при определении границ Токийской агломерации за основу взята сетка административного деления, действующая в Японии и используемая органами государственной статистики, которая включает 257 муниципалитетов, из них 23 специальных района Токио и 44 внутригородских образования в крупных городах агломерации (Иокогама, Тиба, Сайтама, Кавасаки и Сагамихара) [16]. Рассматриваемый период времени: с 1999 по 2023 г. Используются данные результатов выборов по мажоритарной системе [17], осредненные за анализируемый период. Из базы данных японского Госстата [18] в разрезе муниципалитетов отобраны для анализа следующие показатели: общая численность населения, доля лиц пенсионного возраста (старше 65 лет), доля лиц с высшим образованием, количество занятых в основных профессиональных группах, площадь функциональных зон. Коэффициент корреляции Пирсона для выявления социально-демографической основы поддержки политических партий, существовавших на всем выбранном промежутке времени, рассчитывался в целом за период, для остальных – по годам выборов.

Один из этапов исследования заключался в определении основного места проживания той или иной профессиональной группы избирателей, т. е., в какой функциональной зоне они чаще расселены и работают. С точки зрения японского законодательства пространство японских городов образуют две территории: область содействия урбанизации, в которой размещают исключительно государственные и муниципальные объекты, зеленые зоны, транспортную инфраструктуру, а также область контроля урбанизации, в которой предусмотрена различная застройка с участием частного бизнеса [19]. Последняя подразделяется на 12 функциональных зон, объединенных в три группы: жилая (исключительно малоэтажная, средне- и высокоэтажная, собственно жилая и квазижилая застройка), коммерческая (общественно-деловая зона, собственно деловая зона) и промышленная (квази-промышленная, собственно промышленная и исключительно промышленная) зоны [20]. При проведении корреляционного анализа исключительно промышленная зона, в которой не предусмотрены жилье и социальные объекты, а значит избиратели в данной зоне не проживают и голосуют в совершенно других местах, не рассматривалась.

Результаты и обсуждение

Пространственные особенности поддержки политических партий на территории Токийской агломерации

География поддержки традиционных и небольших японских партий, участвующих в выборах на всех уровнях, может сильно различаться (см. рис. в качестве примера, отображающего две основные партии, входящие в правящую коалицию). Основным фактором различий выступает соотношение «центр – периферийность». Избиратели более отдаленных и менее урбанизированных частей агломерации склонны голосовать за консервативные силы или независимых кандидатов, которых избиратели часто знают в лицо. В половозрастной пирамиде таких муниципалитетов преобладают люди старших возрастов. В городских ядрах с более молодым населением больше поддерживают либеральные, часто недолговечные популистские партии. Накладывает свой отпечаток преобладающий тип застройки и связанная с ним основная сфера занятости населения (деловая, промышленная или жилая зоны). В каждой зоне концентрируется своя профессиональная группа с

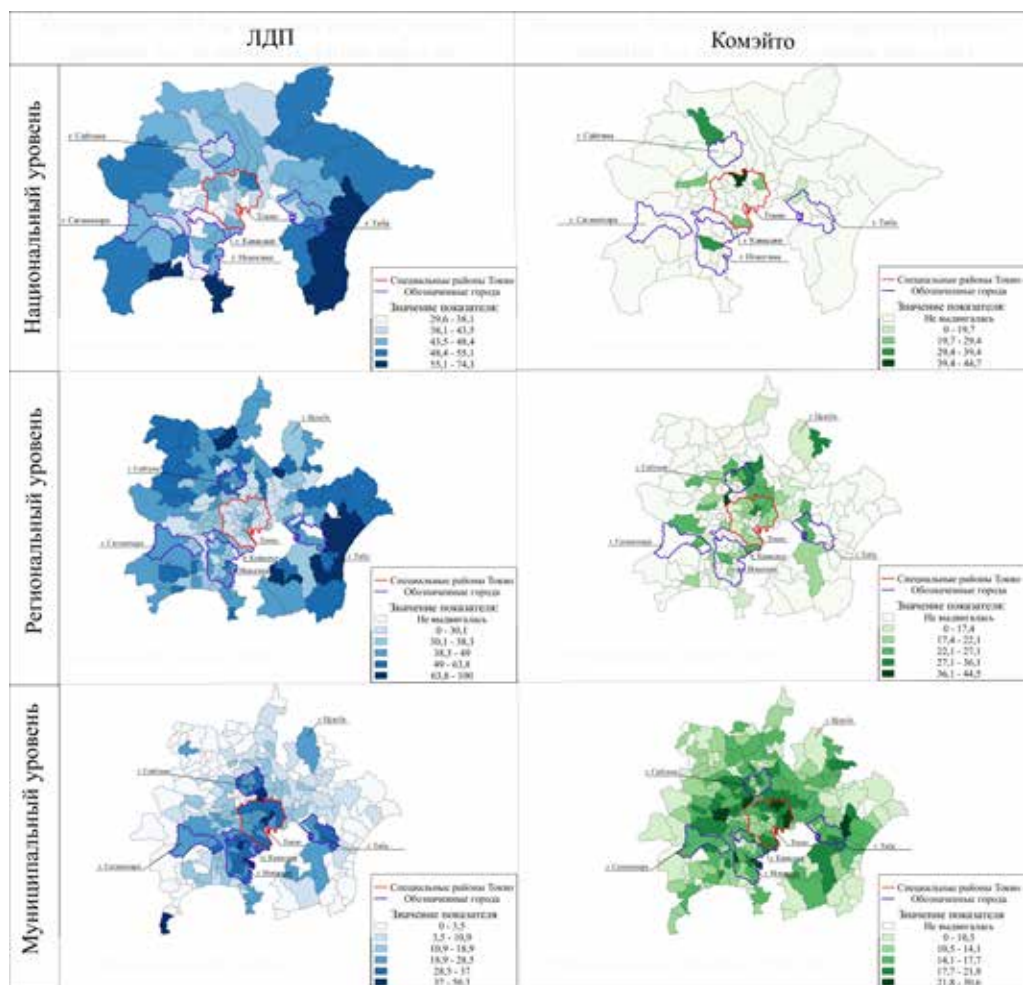


Рис. Поддержка избирателями партий на выборах разного уровня (на примере ЛДП и Комэйто, %, 1999–2023 гг.). Составлено автором по данным Senkyo Dottokomu [17]

Fig. Support in elections at different levels. Using LDP and Komeito as example. (in %, 1999–2023). Compiled by the author according to Senkyo Dottokomu [17]

различным уровнем образования и материальным достатком. Более бедные и менее образованные чаще склонны голосовать за левые, подчас популистские партии, более богатые с высшим образованием – умеренно-центристские или консервативные силы.

Либерально-демократическая партия (ЛДП) на национальном уровне пользуется значительной поддержкой избирателей, которая в среднем растет от центра г. Токио к его окраинам – от 29.6 до 74.3 % проголосовавших. На региональном уровне эта тенденция сохраняется (от менее 30 до почти 100 %), хотя в центре г. Токио показатели ЛДП немного выше, чем на его окраинах. Кроме того, наблюдается концентрация максимального числа голосов на северо-западе префектуры Сайтама и восточном побережье префектуры Тиба. На муниципальном уровне ситуация меняется: наибольшая поддержка правящей партии, за исключением г. Атама (крайний юго-запад агломерации), наблюдается в городских центрах – до 50.3 %, а на периферии – в пределах 3–5 %.

Идеологически близкая к ЛДП партия «Новое Комэйто» (НК) наиболее активно представлена на региональном и муниципальном уровнях. На выборах в Палату представителей НК выдвигала своих кандидатов лишь в отдельные районы г. Токио, избирательный округ к северу от г. Сайтамы, центр г. Иокогама и еще два округа в других частях агломерации, где средняя поддержка партии составляла 19.7–29.4 %. На региональном уровне НК участвовала в выборах в гораздо большем количестве мест. Наибольшей популярностью она пользуется в восточных районах и к востоку от городов Сайтама и Цутиура (рядом с г. Цукуба), где ее поддержка достигает 44.5 %. В пределах г. Токио партия особенно популярна в северо-восточных районах, где поддержка составляет 22–27 %. На муниципальном уровне, помимо вышеперечисленных муниципалитетов, НК представлена также в центре г. Иокогама и в центральной части префектуры г. Токио, в так называемом регионе Тама, где ее максимальная поддержка достигает 30.6 %.

Поддержка главной оппозиционной Демократической партии (ДП, с 2016 г. Конституционно-Демократическая партия, КДП) в основном сосредоточена в городских центрах: в центре и на западе г. Токио, в городах Иокогама, Тиба, Сайтама и некоторых других в центральной части столичной префектуры. Уровень поддержки избирателей этой партии постепенно снижается от выборов к выборам, составляет от 53.6 % на национальном уровне до 32 % на местном.

Коммунистическая партия Японии (КПЯ) демонстрирует примерно одни и те же территориальные особенности голосования на всех уровнях выборов. Наибольшая поддержка наблюдается в северных районах г. Токио и городах к западу от него, а также в прибрежной части г. Кавасаки и г. Иокогама. Кроме того, партия пользуется поддержкой в полосе городов на южной границе префектуры Сайтама вместе с центральным городом. Здесь уровень поддержки достигает 20.4–28.5 %.

Социал-демократическая партия (СДП) по географическим особенностям поддержки избирателей напоминает Комэйто: ее популярность выше на муниципальном, чем на национальном уровне. Наибольшая доля голосов за эту партию наблюдается в южных районах г. Иокогама, на востоке г. Сайтама и в приморских районах г. Тиба – до 10–13 %.

Среди молодых партий самой успешной является Партия инноваций (ПИ), известная также как «Партия реставрации Японии». Она широко представлена в г. Иокогама, в центре г. Тиба и на юге г. Сайтама, где ее поддержка составляет до 17.1 % на местных выборах и до 35 % на региональных и национальных.

Независимые кандидаты получают наибольшую поддержку на окраинах агломерации: на выборах в национальный парламент их поддержка достигает 51.7 %, а в ассамблеи и городские советы – 100 %. В Токио на муниципальных выборах наблюдается некоторое увеличение доли независимых кандидатов – в историческом центре и частично на западе она достигает 38 %.

В период с 1999 по 2023 г. на территории агломерации появилось и исчезло множество популистских партий. У Либеральной партии (ЛП, существовала в 1998–2003 гг.) основными регионами поддержки были: центр г. Иокогама, западные районы г. Токио и города,

прилегающие к г. Сайтама, такие как г. Кавагути. Средний результат на выборах составлял 9.2–12.4 % на национальном, 5.7–7.1 % на региональном и 1.9–3.4 % на местном уровне.

Твоя Партия (ТП, 2009–2012 гг.) также получила поддержку в различных частях агломерации: на западе и в центре г. Иокогама, на крайнем севере, в прибрежных городах между г. Токио и г. Тиба. В целом на всех уровнях выборов прослеживается ось юго-запад – северо-восток. Средний результат на выборах: 13.7–19.5 % на национальном уровне, 13.3–22.4 % на региональном уровне и 6.1–10.4 % на местном уровне.

Новая национальная партия (ННП, 2007–2012) была создана для того, чтобы отобрать голоса у правящей ЛДП. Из-за этого на национальном уровне регионы поддержки ННП и ЛДП частично совпали. В Токийской агломерации наибольшую поддержку ННП получила на западе столичной префектуры и на северо-востоке г. Тиба, где ее доля доходила до 23.9 %. На региональном и местном уровнях поддержка избирателями в основном концентрировалась в специальных районах г. Токио: на юго-западе и западе (до 9.1 и 3.56 % соответственно).

Партия «Сердце Японии» (СЯ, 2014–2021 гг.) была создана с целью противостоять ННП. Основные регионы поддержки СЯ: северо-запад агломерации, центр г. Кавасаки, г. Тиба и его окрестности. Средний результат на выборах: 8–12.8 % (национальный уровень), 0.13–2.54 % (местный уровень). На региональный уровень партия никогда не выдвигала своих кандидатов.

Партия против ННК, основанная в 2019 г., относится к числу крайне популистских движений, которые предлагают решения на первый взгляд не очевидных проблем. Главным объектом ее критики выступает Японская вещательная корпорация (ННК), известная как японский аналог британской ВВС. Формально партия выступает за отмену обязательного ежемесячного налога, который платят все владельцы телевизоров и радиоприемников. Однако ее истинная цель заключается в том, чтобы изменить односторонний взгляд на события в Японии и мире, который складывается в информационном пространстве. Партия пользуется наибольшей поддержкой в центральных и восточных специальных районах г. Токио, таких как Аракава, Тайто и Сумида, а также в городах к северо-востоку от столицы, особенно в г. Сики, где ее популярность достигает 5.03 %. На национальных выборах в Палату представителей партия пока не выдвигала своих кандидатов, но в 2021 г. она получила два мандата по пропорциональной системе.

Партия реализации счастья (ПРС), основанная в 2009 г., сосредоточивает свое внимание на успешной демографической политике и традиционных для Японии буддистских ценностях. Основные регионы поддержки ПРС включают запад префектуры г. Токио, северо-западные специальные районы и северо-восток агломерации с центром в г. Цукуба. На выборах всех уровней партия добивается среднего результата в диапазоне от 2.47 до 3.7 %.

Рэйва Синсэнгуми (РС) – одна из немногих «малых» партий правого толка, созданная в 2019 г. бывшим актером. Основной опорой партии являются западные города столичной префектуры и районы г. Токио. На региональном уровне ее поддержка избирателями достигает 6.2%, а на муниципальном – 3.88 %.

Отличительной чертой политической системы Японии является наличие региональных и местных партий, которые пользуются ограниченной поддержкой. Часто их называют «партии 1-го муниципалитета». Эти партии создаются для решения конкретной проблемы в городском совете, что отражается в их названиях: «Партия детей» (район Минато в г. Токио), «Партия постройки дороги к детскому саду» (г. Мусасино). Наибольшее количество таких партий сосредоточено в столичной префектуре, что объясняется ее особым статусом и динамичным социально-экономическим развитием.

К числу успешных партий на региональном уровне можно отнести «Сэйкацуся» и Tomi First no Kai, название которой можно перевести как «Первая столичная партия».

«Сэйкацуся» представляет собой интересную сеть партий, объединенных общей идеологией, каждая из этих партий решает проблемы своего муниципалитета. Наиболее ши-

роко она представлена в префектуре г. Токио, особенно в западной и южной ее частях, а также в г. Иокогама, большей части г. Канагава (до 31.2 %), г. Тиба и некоторых других муниципалитетах. На муниципальном уровне также выделяется г. Цукуба, где поддержка достигает 14.8 %. К сожалению, за последние 20 лет поддержка этой партии постепенно уменьшалась. В Токийской ассамблее количество ее мандатов за этот период сократилось с 15 до 1. Во многом это связано с ослаблением роли профсоюзов в защите прав работников, на поддержку которых партия изначально была ориентирована [21].

Tomip – это партия с выраженным феминистическим уклоном, основанная в 2017 г. мэром г. Токио Юрико Коикэ для участия в выборах в столичную Ассамблею. Она завоевала значительную поддержку избирателей в районе Сэйкацуся, особенно на западе префектуры и в центральных районах г. Токио, где ее поддержка достигает 58.8 %. Однако на муниципальном уровне ее популярность падает до 39.5 %, за исключением специального района Тосима.

В городах Сайтама и Иокогама существуют свои собственные партии: «Будущее Сайтамы» и «Иокогама изменит Японию». Первая политическая сила пользуется большей поддержкой в северо-западной части префектуры, чем в центральном городе (53.3 % против 19.1 %). Вторая партия ориентируется на западные и южные районы г. Иокогама, где ее поддержка достигает 19.5 %. Различия между региональным и местным уровнями минимальны.

Взаимосвязанность результатов выборов и социально-демографических процессов в Токийской агломерации

ЛДП очень высокую поддержку (коэффициент корреляции выше 0.8) оказывают владельцы различных магазинов и предприятий, канцелярские работники. Чуть меньше поддерживают партию технический персонал (0.74). Основная часть профессий демонстрирует средний уровень поддержки (0.5–0.6).

Новое Комэйто и КПЯ похожи в поддерживающих их электоратах. У Комэйто коэффициент корреляции близок к 1 для владельцев фабрик, магазинов, обслуживающего персонала и разнорабочих. Выше 0.8 по коэффициенту корреляции поддержка партии техническими работниками, учителями и религиозными лидерами (изначально НК – «пробуддистская» партия!), от 0.7 – менеджерами, домработниками. Если помнить, что НК и ЛДП в парламенте постоянно образуют коалиции, а на низших уровнях в выборах подменяют друг друга, то не удивителен факт пересечений электоратов. Похожая ситуация с КПЯ: такой же уровень поддержки или даже выше, как у ЛДП, зафиксирован у владельцев магазинов (0.87), фабрик (0.89), технических работников (0.81), обслуживающего персонала (0.89), канцелярских работников (0.87). Близкая поддержка, как у Комэйто, у коммунистов наблюдается для менеджеров (0.70), ритейлеров (0.71). Представляется, что различия обусловлены количеством занятых: в более крупных предприятиях работники и руководство чаще отдают предпочтения связке ЛДП/НК, в более мелких – КПЯ. СДП показывает по большинству профессий средний уровень поддержки, который близок к аналогичному у НК и КПЯ (табл. 1).

Отсутствует статистически значимая связь между поддержкой любой партии и профессиональной принадлежностью для работников сельского хозяйства и рыбной промышленности; электро-, газо- и водоснабжения, которых не так много проживает в агломерации, а также ряда лиц, занятых в новейших и быстроразвивающихся отраслях экономики: оптовая торговля, информационные технологии и телекоммуникации, быстрое питание, научные исследования и разработки. Во всех перечисленных случаях коэффициент корреляции значительно меньше 0.5. В то же время профессиональная принадлежность не важна при выборе избирателями независимых кандидатов или популистских партий. Для ДП, предположительно более важным фактором является финансовая обеспеченность.

Таблица 1

Корреляция между результатами партий на муниципальных выборах и профессиональной принадлежностью избирателей (усредненный показатель, фрагмент таблицы)

Table 1. Correlation between party results in municipal elections and voters' professional affiliation (average indicator, table fragment)

Профессиональная группа / сфера деятельности	Партия					
	Н	ЛДП	ДП	НК	КПЯ	СДП
Сельское хозяйство, лесная и рыбная промышленности	0.46	-0.01	-0.09	-0.01	-0.12	-0.02
Владельцы предприятий	0.29	0.87	0.55	0.95	0.89	0.51
Владельцы магазинов	0.24	0.84	0.53	0.89	0.87	0.49
Менеджеры	0.36	0.65	0.58	0.74	0.70	0.58
Преподаватели, религиозные деятели	0.46	0.69	0.58	0.85	0.78	0.63
Чиновники	0.30	0.82	0.64	0.89	0.87	0.60
Разнорабочие	0.44	0.72	0.42	0.88	0.76	0.36
Квалифицированные рабочие	0.19	0.62	0.58	0.64	0.67	0.59
Розничная торговля	0.28	0.63	0.50	0.73	0.71	0.50
Врачи	0.07	0.38	0.35	0.42	0.51	0.22

Источник: рассчитано автором по данным Statistics of Japan [18].

Обозначения: Н – независимые.

Таким образом, по результатам корреляционного анализа все профессии и должности можно разделить на четыре электоральные группы. К первой относятся различные руководители, владельцы бизнеса, лица умственного труда, врачи, которые поддерживают ЛДП или Комэйто (центристское или консервативное направление). Ко второй – лица, занимающие рядовые должности, работники промышленности, которые отдадут предпочтение КПЯ или СДП (левое, или прогрессивное, направление). К третьей – сомневающиеся из двух предыдущих групп, которые исходя из повестки дня, успешности избирательной кампании могут примкнуть к противоположной по ориентации партии. К четвертой – лица, для которых при выборе партии профессиональная принадлежность не выявлена.

В функциональных зонах вероятность размещения основных профессиональных групп следующая (табл. 2). В исключительно жилой зоне чаще проживают технические работники (0.63), учителя и религиозные работники (0.73), менеджеры различных звеньев (0.59), охранники (0.57), а также занятые в сельском хозяйстве и рыбной промышленности (0.61). В собственно жилой зоне – учителя (0.52), обслуживающий персонал (0.52), ритейлеры (0.53), работники социального обеспечения (0.56). В деловой зоне – владельцы магазинов (0.51), медицинские работники высшей квалификации, включая дантистов и фармацевтов (0.74, 0.66 и 0.71 соответственно); оптовики (0.82); работники в информационной, финансовой, научно-исследовательской сферах, общепите, а также в органах местного самоуправления – 0.5–0.7. В квазипромышленной – рабочие различной квалификации (0.6–0.8). В собственно промышленной и общественно-деловой зонах особой профессиональной группы с помощью корреляционного анализа не обнаружено. Для отдельных категорий избирателей не выявлена концентрация в определенной функциональной зоне.

По уровню высшего образования явно прослеживается раскол между традиционными и популистскими (малыми) партиями: выпускники университетов отдают предпочтение, скорее, первым, чем вторым. Наибольшая корреляция по уровню образования у КПЯ (0.79), далее следует НК (0.78) и ЛДП (0.75). Для сравнения: у ПИ – 0.35; ПРС – 0.24. Отдельную группу представляют независимые кандидаты, для которых характерен такой же коэффициент корреляции, как для малых партий (0.30).

Корреляция между профессиональной принадлежностью и деятельностью избирателя и функциональной зоной, где он проживает/работает (фрагмент)

Table 2. Correlation between voter's occupation and activity and the functional area where he/she lives/works (fragment)

Профессиональная группа / сфера деятельности	Функциональная зона				
	ИЖЗ	ЖЗ	ОДЗ	ДЗ	КПЗ
Владельцы предприятий	0.40	0.46	0.28	0.44	0.52
Владельцы магазинов	0.23	0.50	0.42	0.51	0.39
Домработники	0.34	0.49	0.43	0.18	0.22
Технические работники	0.63	0.48	0.32	0.18	0.42
Менеджеры	0.59	0.43	0.23	0.21	0.49
Разнорабочие	0.38	0.46	0.54	0.23	0.30
Сфера обслуживания	0.43	0.52	0.42	0.38	0.41
Медицинские работники	-0.03	0.26	0.04	0.74	0.19
Оптовая торговля	-0.27	0.12	0.04	0.82	0.11
Финансы и страхование	-0.22	0.11	0.02	0.64	0.21

Источник: рассчитано автором по данным Statistics of Japan [18].

Примечание: ИЖЗ – исключительно жилая зона, ЖЗ – жилая зона, ОДЗ – общественно-деловая зона, ДЗ – деловая зона, КПЗ – квазипромышленная зона, ПЗ – промышленная зона.

Лица пенсионного возраста (старше 65 лет) склонны отдавать голоса на выборах традиционным партиям, причем для НК и КПЯ корреляция с возрастом наиболее высока (0.85 и 0.82 соответственно). Связь с возрастом для независимых кандидатов и малых партий низкая, что говорит об их предпочтении более молодыми избирателями или о том, что данный фактор не является значимым. Интересен факт, что у большинства традиционных партий и независимых кандидатов от выборов к выборам корреляция с возрастом постоянно росла (например, у ЛДП показатель изменился с 0.56 до 0.86), а у СДП, наоборот, понижалась (с 0.62 до 0.54).

Таким образом, корреляционный анализ выявил наличие профессиональных и социальных групп, внутри которых наблюдается сильная дифференциация по предпочитаемым политическим силам. В контексте теории критических выборов стоит говорить о существовании трех стабильных и одной нестабильной групп избирателей: консервативная (ЛДП/Комэйто), либеральная (КДП), крайне левая (КДП, СДП) и популистская (остальные партии и независимые кандидаты). Перетекание электората в основном происходит между Комэйто/КПЯ, ЛДП/КДП. Популистские партии, как правило, настроены на отбирание соответствующего электората у традиционных партий, а не привлечение нового.

Заключение

Методологически анализ японского электорального опыта показывает правильность совмещения «экологического» подхода с методом электоральных группировок», поскольку одна профессиональная группа может поддерживать противоположные по идеологии политические партии. Но основной вклад данного исследования носит в большей степени практический характер. Опыт изучения электорального поведения избирателей Токийской агломерации позволяет применять выбранную методологию к другим мировым городским агломерациям, включая российские. Ограничивают выборку два критерия: численность населения от 1 млн чел. и обязательное наличие в структуре агломерации различных зон занятости.

Для Токийской агломерации характерно уменьшение (например, ЛДП, КДП) или увеличение (независимые кандидаты) поддержки избирателями при движении от ядра к периферии. Партии акцентируют свои избирательные кампании на конкретном уровне выборов. На выборы в национальный парламент ориентируются больше ЛДП, КДП, молодые и популистские партии, такие как ПИ, Рэйва Синсэнгуми и т.п.; на местные органы власти – Комэйто и СДП. Приблизительно одинаковая география поддержки избирателями на всех уровнях выборов наблюдается у КПЯ. Повышенная электоральная активность характерна для столичной префектуры, она проявляется в большом разнообразии политических партий, включая те, которые не распространяют свою деятельность дальше одного муниципалитета. В результате, границы ядра и полупериферии смещены на запад. Представлены региональные и местные партии с ограниченной территориальной поддержкой. Для партии Сэйкацуся характерно постепенное падение поддержки за 20 лет. Устойчивая поддержка у партий «Будущее Сайтамы» и «Иокогама изменит Японию».

Корреляционный анализ выявил следующий преобладающий электорат основных японских политических партий:

ЛДП – бюрократия, избиратели на руководящих должностях – деловая и жилая зоны. До перегруппировки 2009 г. партию также активно поддерживали медицинские работники, основным местом проживания и работы которых также являются жилая и деловая зоны;

КПЯ, Комэйто, СДП – избиратели на рядовых должностях, рабочие – промышленная зона;

КДП – избиратели с повышенным достатком – исключительно жилая и общественно-деловая зоны;

Малые (популистские) партии – молодые избиратели без высшего образования, довольно часто с неформальной занятостью.

Отметим, что отобранные для корреляционного анализа показатели не являются исчерпывающими. Для более полной оценки пространственной дифференциации территории Токийской агломерации по сочетаниям электоральных предпочтений ее населения и для анализа этого явления на следующем этапе исследования возможно более глубокое использование средств и возможностей ГИС.

Основные электоральные группировки в настоящее время: ЛДП/Комэйто – консервативная часть избирателей; КДП – либеральная; КПЯ/СДП/Сэйкацуся (региональный и местный уровни) – крайне левая и прогрессивная; популистские партии/независимые кандидаты – избиратели, в целом недовольные нынешним политическим курсом государства и не видящие ему альтернативы в традиционных политических силах. Большинство выборов в нынешнем столетии относятся к сохраняющим, перегруппировки 2009–2012 гг. – к отклоняющим.

Литература

1. Рочев П.А. Анализ результатов президентских выборов в агломерациях США в XXI веке // Россия и Америка в XXI веке. 2021. Вып. 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rusus.jes.su/s207054760015926-5-1/> (дата обращения: 2 февраля 2025 г.).
2. Осипов К.А., Каледин Н.В. Современная электоральная география Японии: основные черты и особенности женского представительства // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 5–16.
3. Больше, чем город. Границы, масштаб и гравитация городских агломераций / под ред. Н. Румянцева. М.: Moscow Urban Forum, 2021. 103 с.
4. Otsuka A.A. New Perspective on Agglomeration Economies in Japan: An Application of Productivity Analysis. New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives. New York: Palgrave MacMillan, USA, 2017. 198 p.
5. Кудрявцев О.К. Расселение и планировочная структура крупных городов-агломераций. М.: Стройиздат, 1985. 136 с.
6. Социально-экономическая география: понятия и термины: словарь-справочник / отв. ред. А.П. Горкин. Смоленск: Ойкумена, 2013. 328 с.

7. Demographia. World Urban Areas. 19th Annual Edition. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://demographia.com/db-worldua.pdf> (дата обращения: 28 октября 2024 г.).
8. Chicago Council on Global Affairs. Cities Rank Among the Top 100 Economic Powers in the World, Could Leverage Economic Weight for Broader Global Influence. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://globalaffairs.org/about-us/press-room/cities-rank-among-top-100-economic-powers-world-could-leverage-economic-weight> (дата обращения: 28 октября 2024 г.).
9. Тихоцкая И.С., Боратинский В.И. Типология городских зон занятости в Японии // Вестн. Московского университета. Серия 5: География. 2020. № 2. С. 73–81.
10. Лобарёв А. Выборы в Москве: опыт двенадцати лет. 1989–2000 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://lyubarev.narod.ru/elect/book/ch16-2.htm#_Toc514675820 (дата обращения: 17. 05. 2024 г.).
11. Delaporte A. et al. Introduction to the special issue, does local context matter? The re-localization of politics during municipal elections in three French cities // *Fr. Polit.* 2023. Vol. 21, pp. 359–370.
12. Agnew J. A Companion to Political Geography. Reference Reviews Incorporating Aslib Book Guide. Blackwell Publishing, 2003. 510 p.
13. Key V.O. A Theory of Critical Elections // *The J. of Politics.* 1955. Vol. 17, N 1. P. 3–18. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.jstor.org/stable/2126401> (дата обращения: 3 февраля 2025 г.).
14. Аксёнов К.Э. Тайны избирательного бюллетеня. Электоральные бури и штиты Северной столицы 1989–2004. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2008. 333 с.
15. Akuto H. Political Realignment and Political Culture in Japan // *Japanese J. of Electoral Studies.* 1994. Vol. 9. P. 16–26. (In Japanese)
16. Statistics Bureau of Japan (SBJ). Keizai Sensasu to Toukei Chizu. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.stat.go.jp/data/e-census/topics/topi831.html> (дата обращения: 11 мая 2024 г.). (In Japanese)
17. Senkyo Dottokomu. Shuugiingiin Senkyo. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://go2senkyo.com/shugiin> (дата обращения: 14 октября 2024). (In Japanese)
18. Statistics of Japan. Regional Statistics Database (System of Social and Demographic Statistics) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.e-stat.go.jp/en/regional-statistics/ssdsview> (дата обращения: 11 октября 2024 г.).
19. Japan Urban Observatory. Planning Practice in Japan. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gdrc.org/uem/observatory/jp-practice.html> (дата обращения: 27 октября 2024 г.).
20. MLIT. Introduction of urban land use planning system in Japan. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mlit.go.jp/common/001050453.pdf>. (дата обращения: 28 октября 2024 г.).
21. Sugimoto Y. An Introduction to Japanese Society. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 359 p.

References

1. Rachev, P. Analysis of the results of presidential elections in the US agglomerations in the XXI century. In *Russia and America in the 21st Century.* 2021. Issue 2. Available online: <https://rusus.jes.su/s207054760015926-5-1/> (accessed on 5 February 2025). (In Russian)
2. Osipov, K.A.; Kaledin, N.V. Modern electoral geography of Japan: the main features and peculiarities of women's representation. *Pacific Geography.* 2023, 4, 5-16. (In Russian)
3. More than a city. Borders, scale and gravity of urban agglomerations / Ed. by N. Rummyantsev. Moscow Urban Forum: Moscow, Russia. 2021. 103 p. (In Russian)
4. Otsuka, A. *New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives: An Application of Productivity Analysis.* New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives. Palgrave MacMillan: New York, USA. 2017; 198 p.
5. Kudryavtsev, O.K. Settlement and planning structure of large urban agglomerations. Stroyizdat: Moscow, Russia 1985; 136 p. (In Russian)
6. Socio-economic geography: concepts and terms. Dictionary-reference book. Edited by A.P. Gorkin. Oikumena: Smolensk, Russia. 2013; 328 p. (In Russian)
7. Demographia. World Urban Areas. 19th Annual Edition. Available online: <http://demographia.com/db-worldua.pdf> (accessed on 28 October 2024).
8. Chicago Council on Global Affairs. Cities Rank Among the Top 100 Economic Powers in the World, Could Leverage Economic Weight for Broader Global Influence. Available online: <https://globalaffairs.org/about-us/press-room/cities-rank-among-top-100-economic-powers-world-could-leverage-economic-weight> (accessed on 28 October 2024).
9. Tikhotskaya, I.S.; Boratinsky, V.I. Typology of urban employment zones in Japan. *Lomonosov Geography Journal.* 2020, 2, 73-81. (In Russian)
10. Lobarev, A. Elections in Moscow: the experience of twelve years. 1989-2000. Available online: https://lyubarev.narod.ru/elect/book/ch16-2.htm#_Toc514675820 (accessed on 17 May 2024). (In Russian)
11. Delaporte, A. et al. Introduction to the special issue, does local context matter? The re-localization of politics during municipal elections in three French cities. *Fr Polit.* 2023, 21, 359–370.
12. Agnew, J. A Companion to Political Geography. Reference Reviews Incorporating Aslib Book Guide Blackwell Publishing: Oxford, United Kingdom. 2003; 510 p.

13. Key, V.O. A Theory of Critical Elections. *The Journal of Politics*. 1955. Vol. 17, No. 1, pp. 3-18. Available online: <https://www.jstor.org/stable/2126401> (accessed on 3 February 2025).
14. Aksyonov, K.E. Secrets of the ballot paper. *Electoral Storms and Stilts of the Northern Capital*. 1989-2004. St. Petersburg State University: St. Petersburg, Russia. 2008; 333 p. (In Russian)
15. Akuto, H. Political Realignment and Political Culture in Japan. *Japanese Journal of Electoral Studies*. 1994, 9, 16-26. (In Japanese)
16. Statistics Bureau of Japan (SBJ). Keizai Sensasu to Toukei Chizu Available online: <https://www.stat.go.jp/data/e-census/topics/topi831.html> (accessed on 11 May 2024). (In Japanese)
17. Senkyo Dottokomu. Shuugiingiin Senkyo. Available online: <https://go2senkyo.com/shugiin> (accessed on 14 October 2024). (In Japanese)
18. Statistics of Japan. Regional Statistics Database (System of Social and Demographic Statistics) Available online: <https://www.e-stat.go.jp/en/regional-statistics/ssdsview> (accessed on 11 May 2024).
19. Japan Urban Observatory. Planning Practice in Japan. Available online: <https://www.gdrc.org/uem/observatory/jp-practice.html> (accessed on 27 October 2024).
20. MLIT. Introduction of urban land use planning system in Japan Available online: <https://www.mlit.go.jp/common/001050453.pdf> (accessed on 28 October 2024).
21. Sugimoto, Y. *An Introduction to Japanese Society*. Cambridge University Press, Cambridge: United Kingdom 2010; 359 p.

Статья поступила в редакцию 2.12.2024; одобрена после рецензирования 8.01.2025; принята к публикации 23.01.2025.

The article was submitted 2.12.2024; approved after reviewing 8.01.2025; accepted for publication 23.01.2025.





Особенности проявления русловых процессов в устьевых областях приливных рек

Николай Николаевич НАЗАРОВ

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, профессор
nikolainazarovpsu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3611-5729>
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Аннотация. Одной из причин интереса к устьевым областям рек (УОР) со стороны гидрологов и геоморфологов является неопределенность в понимании направленности их развития в условиях повышения уровня Мирового океана. Отсутствуют ответы на вопросы об особенностях развития русловых процессов при расширении зон развития приливо-отливных явлений. Цель исследования заключалась в выявлении особенностей формирования морфодинамических типов русла (МТР) в пределах устьевых и приустьевых участков рек. В качестве объектов изучения были выбраны реки бассейнов мезо- и макроприливных морей – Белого, Баренцевого, Желтого, Ирландского и некоторых других. Для определения верхней границы устьевых областей и выделения типов русла были задействованы спутниковые снимки свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps). Основным требованием к их отбору и использованию в этом качестве стала возможность визуально фиксировать изменения цвета (оттенка) воды в русле – реакции на появление в ней повышенной концентрации взвеси, и по этой особенности устанавливать границу раздела (смешивания) приливных водных масс с водами речного потока. Основными индикаторами влияния приливо-отливных процессов на русловые нами приняты различия в наборе МТР на разных участках УОР. Фиксировались и анализировались также характер сменяемости типов в направлении от их верхней границы УОР к устьевому створу и различия в самом наборе ведущих МТР по сравнению с участками русел, расположенными выше по течению. Кроме того, важным показателем, указывающим на смену направленности эволюционных процессов, происходящих в геодинамике русел с момента последней стабилизации уровня океана, стали изменения морфолого-морфометрических характеристик их элементов (степень извилистости русла, разновидности излучин, формы русловых разветвлений и др.).

Ключевые слова: дельта, приливо-отливные процессы, спутниковые снимки, морфодинамический тип русла, эстуарий, зона осушки

Для цитирования: Назаров Н.Н. Особенности проявления русловых процессов в устьевых областях приливных рек // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 18–32. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_2.

Particular manifestation of channel processes in the tidal river mouth areas

Nikolai N. NAZAROV

Doctor of Geographical Sciences, Leading research associate, Professor
nikolainazarovpsu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3611-5729>
Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. One of the reasons for the interest in river mouth areas on the part of hydrologists and geomorphologists is the uncertainty in understanding the direction of their development in the context of rising ocean levels. There are no answers to questions about the features of the development of channel processes with the expansion of the zones of development of tidal processes. The purpose of this study was to identify the features of the formation of morphodynamic channel types within the river mouth areas and river near-mouth areas. The rivers of the basins of the mezo-tidal and macro-tidal seas (White Sea, Barents Sea, Yellow Sea, Irish Sea, and some others) were chosen as objects of study. Free satellite images (YandexMaps, GoogleMaps) were used to determine the upper boundary of the river mouth areas and identify the morphodynamic channel types. The ability to visually record changes in color of water in the channel, namely the reaction to the appearance of an increased concentration of suspended sediment load in it, has become the main requirement for its selection. By the difference in color, the interface (mixing) between tidal water masses and river water was established. The main indicator of the influence of tidal processes on channel processes was the differences in the set of morphodynamic channel types at different parts of the river mouth areas. The pattern of type turnover in the direction from their upper boundary of the river mouth areas to the mouth section, and the differences in the set of leading morphodynamic channel types in comparison with upstream channel sections were recorded and analyzed. Changes in the morphological and morphometric characteristics of their channel elements have become an important change indicator in the direction of evolutionary processes occurring in channel geodynamics since the last stabilization of the ocean level. The crossing of the upper boundary of the river mouth by the river for the open bay rivers is usually accompanied by a change of a meander wide floodplain channel to a meander adapted channel or a meander channel to an anabranching one. A distinctive feature of the lowest channel section of the river mouth of the estuarine-delta type river in the vast majority of cases is its relative straightness. The formation of single channel deltas also includes the presence of usually 2-3 incised “big meanders” located immediately above the straight channel. An important indicator of the change in the morphological and morphometric characteristics of the channel forms in river sections affected by tides is an increase in their meandering, a decrease in the proportion of segmental meanders and an increase in the proportion of loop-shaped meanders and omega-shaped meanders.

Keywords: river delta, tidal processes, satellite images, morphodynamic channel type, estuary, mudflat.

For citation: Nazarov N.N. Particular manifestation of channel processes in the tidal river mouth areas. Pacific Geography. 2025; (1):18-32. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_2.

Введение

Большое значение при изучении морфолитогенеза морских побережий следует уделять устьевым областям рек и пойменно-русловым комплексам дельтовых геосистем в целом. Это обусловлено их значимой ролью в функционировании прибрежных территорий и хозяйствовании людей. В истории освоения новых территорий именно устья рек чаще всего становились главным входом на еще не освоенные земли островов и целых материков. На протяжении многих столетий устьевые геосистемы являются местом концентрации небольших поселений и крупнейших городов на Земле.

В последние годы научный интерес и внимание к устьям рек связаны прежде всего с повышением уровня Мирового океана, воздействие которого на геосистемы речных дельт

не ограничивается только их внешней границей – береговой линией морей, оно затрагивает и их русловую часть [1, 2]. По этой причине риски возникновения негативных последствий для жителей устьевых участков рек делают изучение русловых процессов одним из наиболее востребованных сегодня исследовательских направлений в научной проблематике геоморфологов и гидрологов-русловиков.

В связи с большим влиянием морских процессов на формирование речных дельт повышенный интерес в их изучении вызывают реки, впадающие в приливные моря [3, 4]. Отличительной особенностью этих рек является большая дифференцированность по высоте подъема уровня воды в их устьях и соответственно по расстоянию максимального продвижения приливов вверх по руслу. Как следствие – невозможность унифицировать методы рационального и эффективного ведения хозяйственной деятельности в долинах рек [5]. Решение данных проблем с перспективой выхода на выработку мер безопасного и комфортного проживания на их берегах и/или эффективного использования пойменно-русловых и смежных с ними геосистем в хозяйственных целях возможно лишь при ясном понимании характера и направленности развития русловых и других геоморфологических процессов в период активизации морских процессов в морфолитогенезе речных дельт и близлежащих (расположенных выше по течению) участках речных долин. С учетом существующей тенденции повышения уровня океана и неизбежного в связи с этим постепенного перемещения вверх по рекам зоны влияния приливов решение данных задач приобретает особую актуальность и требует к себе внимания.

Термином, обозначающим часть русловой системы, внешней (нижней) границей которой считается устьевое взморье, а ее начало (верхняя граница) находится на некотором удалении от устьевого створа, где влияние моря уже не фиксируется, является устьевая область реки (УОР). С введением в науку этого понятия в середине XX в. [6] интерес к данному географическому объекту постоянно увеличивался, а связанный с ним терминологический аппарат расширялся и уточнялся. В течение последних десятилетий в отечественной и зарубежной гидрологической и геоморфологической литературе происходило непрерывное усовершенствование дефиниции УОР, выражавшееся в уточнении ее структуры и границ, а также в определении роли и состава действующих в ней устьевых процессов [7, 8].

Проблемой, не получившей достаточного внимания, является реакция русловых процессов на изменение уровня Мирового океана, которая может проявляться через особенности развития морфодинамических типов русла (МТР) в УОР. На фоне глобальных изменений климата изучение общих закономерностей активности русловых процессов в УОР приливных побережий морей приобретает особую значимость и требует углубления и накопления знаний об их развитии и формах проявления в русловой морфодинамике. Цель данного исследования заключается в выявлении особенностей формирования МТР в пределах устьевых областей рек, испытывающих влияние приливо-отливных процессов. Самостоятельной задачей для достижения цели исследования становится установление верхней границы устьевых областей рек, рассмотренных в данном исследовании.

Материалы и методы

По высоте приливов выделяются микроприливные моря (менее 2 м), мезоприливные (2–4 м) и макроприливные (более 4 м) [9]. Области максимальных приливов приурочены в основном к умеренным широтам, тогда как высокие широты за небольшим исключением характеризуются относительно незначительными колебаниями уровня моря [10]. Исследователями береговых процессов отмечается, что в целом на Земле преобладают микроприливные побережья, при этом внутриконтинентальные моря по существу являются неприливыми, в которых влияние морских процессов на русловые осуществляется исключительно в результате ветровых нагонов. В береговом контуре России к ме-

зоприливным морям относятся Охотское (кроме района Шантарских островов и Пенжинской губы), Берингово и Баренцево моря, к макроприливному – Белое, при этом благодаря особым условиям, складывающимся на локальных участках побережий, достаточно высокие приливы формируются и в пределах отдельных заливов (эстуариев, лагун) и микроприливных морей, например, Татарского пролива Японского моря (о. Сахалин) [11, 12].

Как показал анализ публикаций, посвященных изучению устьевых процессов и береговых морфосистем морей, выделение и обоснование нижней (морской) границы УОР основано на результатах многочисленных и широкомасштабных исследований внешнего края дельты, авандельты и шельфа [13]. Меньше по количеству и географическому разнообразию приведено данных о верхней границе УОР. Местоположением последней, по общему мнению, следует считать створ реки, в котором влияние нагонов и приливов в межень не фиксируется. Знакомство с результатами уже состоявшихся исследований также показало, что специальных работ по определению верхней границы УОР на отечественном материале проводилось относительно немного. Основное внимание обычно уделялось изучению реакций гидрологических характеристик по мере удаления от устьевого створа без фиксации максимального расстояния их изменений. Возможно, по этой причине верхняя граница, куда проникают приливные процессы, часто указывается в диапазоне значений в десятки, а для крупных и крупнейших рек даже в сотни километров. Тем не менее для целого ряда средних и относительно небольших рек изучение распространения скорости приливной волны («полной воды») вверх по течению позволило зафиксировать такую границу. Установлено, что на реках Сахалина длина участков влияния приливных вод различна. Это связано с высотой прилива на разных побережьях острова и уклонами рек. Например, на р. Тымь движение приливной волны было отмечено на протяжении 30 км от устья [14]. На р. Поронай воздействие прилива фиксировалось на протяжении 25 км, на р. Найба – на 20 км, на р. Лютога – почти на 10 км [15]. Для небольших рек этот показатель обычно на порядок отличается от водотоков среднего размера. На р. Лозовая при уклоне устьевого участка около 0.0017 м/м граница приливной волны (в совокупности с ветровым нагоном во время шторма) была зафиксирована на расстоянии 1.1–1.2 км [11]. Некоторые реки Беломорского бассейна даже при относительно скромных значениях высоты сизигийных приливов (от 0.5 до 2.5 м) характеризуются довольно значительной протяженностью русла, испытывающего их влияние: Онега – 31 км, Лая – 26 км, Кянда – 10 км [4].

Кроме натуральных наблюдений за изменением уровней воды в русле одним из объективных показателей определения границы влияния приливов на реки является фиксация распространения взвеси вверх по течению [16, 17]. Образование взвешенных минеральных частиц исследователи обычно связывают с периодически формирующейся осушкой, поверхность которой часто покрыта илистыми и глинистыми отложениями. При отмирании маршевой растительности в сизигию происходит дополнительное поступление в водную среду взвеси и органики [18]. Отмечается, что наиболее активно перемещение взвеси из эстуария в устье реки происходит при высоте прилива более 4 м, при которой в соответствующих условиях может даже формироваться приливной бор [19]. Высокая турбулентность потока создает условия для перемешивания взвеси на всю глубину потока, делая его в меженьный период мутным и хорошо отличимым по этому показателю от природной окраски («чистоты») речных вод.

В проведенном исследовании приемом фиксации перемещения взвеси и установления примерного расположения верхней границы УОР был выбран дистанционный метод – дешифрирование спутниковых изображений с целью обнаружения границы между цветовой (тоновой) окраской речных вод. Данный метод изучения динамики взвешенных наносов в свое время уже был опробован в эстуариях и речных дельтах и показал свою эффективность [20–22].

Для определения верхней границы УОР мезо- и макроприливных рек были задействованы спутниковые изображения свободного доступа (Yandex-карты, GoogleMaps). Глав-

ным условием для отбора и использования снимков в этом качестве стала возможность фиксировать на них изменения цвета (оттенка) воды в русле и по этой особенности идентифицировать ее как границу раздела (смешивания) приливных (более светлых) водных масс с «упирающимися» в них водами речного (более темного или «черного») потока. Резкое или постепенное уменьшение количества взвеси в воде служило основанием для определения зоны, в пределах которой находится верхняя граница УОР.

В дополнение к исследованиям, в которых зона проникновения приливной волны устанавливалась на основе выявления изменений мутности водного потока, были проведены измерения соразмерности руслового канала (расстояние между русловыми бровками) с шириной водного потока в его днище. Сокращение ширины «подбровочных» вдольбереговых осушек в днище руслового канала до нулевых значений и исчезновение маршевой растительности в его бортовой части также фиксировало местоположение верхней границы УОР. На спутниковых снимках распознавание осушек и маршей, как правило, у дешифровщика не вызывает особых затруднений и в большинстве случаев является дополнительным признаком для точного установления зоны максимума продвижения приливной волны.

Отбор рек для исследования производился с учетом картосхемы расположения мезо- и макроприливных морей на Земле [10]. Поскольку время космической съемки чаще всего не совпадало с временем максимального продвижения приливной волны в УОР или качество съемки не удовлетворяло возможностям уверенного дешифрирования сменяемости цвета воды, перечень рек с четко определяемой верхней границей устьевых областей оказался относительно небольшим, но, как показал анализ, вполне достаточным для выявления локальных особенностей развития русловых процессов и формирования пойменно-русловых комплексов в пределах речных дельт и/или приустьевых участков рек побережий морей.

Результаты и их обсуждение

При изучении УОР обычно используются три наиболее популярные схемы их типизации: И.В. Самойлова [6], В.Н. Михайлова [13] и В.Н. Михайлова, С.Л. Горина [7]. В типизации И.В. Самойлова присутствуют устьевой, или дельтовый и приустьевой участки, определяемые по дальности проникновения в межень приливной или нагонной волны. Во втором и третьем (доработанном) вариантах классификаций В.Н. Михайлова в пределах УОР выделяются устьевой участок реки и дельта. Приустьевой участок в этом случае находится уже выше (за пределами) УОР. С учетом особенностей формирования морфоэлементов надводного и подводного рельефа на устьевом взморье (морской подобласти) были выделены области: простая (I), эстуарная (II), эстуарно-дельтовая (III), дельтово-эстуарная (IV), дельтовая (V).

При всей объективности и обоснованности выделения участков (подобластей) УОР, при практическом использовании этой схемы вопросы вызывает определение их типа, если ориентироваться при этом только на конфигурацию береговой линии и русла. В первую очередь это касается случаев с однорукавными дельтами выполнения. Сложность применимости предложенных типизаций УОР в полном объеме заключается в ее ограниченности при использовании для рек, испытывающих воздействие мезо- и макроприливов. Наиболее распространена для приливных побережий форма устья малых и средних рек в виде мелководного «открытого» залива. У таких рек заливы в фазу отлива представляют собой осушку, обычно начинающуюся в районе устьевых створов рек, а заканчивающуюся далеко за линией расположения мысов коренного берега (рис. 1).

Как показало изучение частоты распространения такой ситуации в береговой зоне приливных морей, подобное развитие морфолитогенеза устьевых участков малых и части средних рек является достаточно распространенным случаем и может быть отнесе-

но к типобразующему признаку УОР для рек данной размерности. К геоморфологическим особенностям формирования геодинамической обстановки на внешнем крае аэральской части устьевой области открытого залива (подтип простой УОР приливных морей) можно отнести, во-первых, наличие следов волновой абразии, обычно встречающихся почти по всему периметру залива, во-вторых, отсутствие аккумулятивных форм на поверхности осушки. Об активной абразионной переработке речных пойм в вершинах таких заливов в фазу прилива, возможно, при участии процессов гидратационного выветривания [23] говорят следы современных и древних русловых форм, обрывающихся на морском береговом уступе. На другом примере активная волновая переработка берега, представленного поймой р. Ольховка (Мезенский залив Белого моря), привела даже к прорыву излучины и перемещению в результате этого устьевое створ на 500 м в юго-восточном направлении (рис. 2).

Среди рек бассейнов Баренцева и Белого морей условиям, соответствующим всем требованиям для объективного установления зоны перехода от мутной (приливной) воды к более чистой (речной) – приемлемому качеству и масштабу спутниковых изображений, удовлетворяли летние съемки р. Кушерека, впадающей в Онежскую губу (рис. 3). На «сшитом» фрагменте спутникового изображения р. Кушерека (распространенный вариант мозаичного изображения на ресурсе Яндекс-карты) стыкуются две разновременные ситуации приливного режима реки – малой и полной воды. В приустьевой части реки (см. рис. 3, правая треть) темным цветом окрашено русло реки в период отлива. Об этой стадии говорит большая ширина морской осушки (около 500 м), оттененная со стороны взморья шлейфом чистой («черной») воды, поступающей из реки. В центральной части снимка по достаточно резкой смене цвета воды в реке в период прилива на расстоянии около 4 км от устьевое створ фиксируется верхняя граница УОР. Как показала работа с материалами «сшитых» спутниковых изображений, на которых фиксировалось разновременное положение уровней воды в русле, в целом ряде случаев наличие такой информации играло определяющую роль при дешифрировании элементов руслового рельефа и получения их параметров. Из других рек северного побережья Европейской части России по признаку распространения взвеси в воде была установлена



Рис. 1. Абразионный берег поймы в «открытом» заливе устья р. Сёмжа (Мезенский залив)

Fig. 1. Abrasive coast of the floodplain in the open bay of the Semzha River mouth (Mezen Bay)



— - верхняя граница УОР

Рис. 2. Абразионный размыв поймы р. Ольховка (Мезенский залив)

Fig. 2. Abrasion of the Olkhovka River floodplain (Mezen Bay)



— - верхняя граница УОР

Рис. 3. Верхняя граница УОР р. Кушерека (Онежская губа)

Fig. 3. Upper boundary of the Kushereka River mouth area (Onega Bay)

фиксируемого состояния реки к стадиям приливо-отливной ситуации – к сизигии, квадратуре или средней высоте прилива расстояние до верхней границы УОР определяется как примерное с возможным допуском его небольшой корректировки в направлениях как вверх, так и вниз по течению реки. Это расстояние из-за довольно значимого различия высот сизигийных и квадратурных приливов, как правило, в среднем составляет первые километры в ту и другую сторону, но при этом не является критичным параметром для достижения главной цели проводимого исследования – определения особенностей развития МТР в пределах УОР. Для малых, относительно коротких рек (менее 200 км), принадлежащих бассейнам Белого и Баренцева морей, верхние границы устьевых областей были зафиксированы на удалении 3.9–11.4 км. В 2 раза и более превышали эти значения расстояния до верхней границы УОР у коротких рек Новой Зеландии и Австралии – соответственно 26 и 45 км. Для рек протяженностью более 200 км удаленность верхней границы от устьевых створа составила 44–70 км, но и для этой категории рек присутствовали исключения: р. Уай – 10 км, р. Тымь – 22 км.

Другим типом УОР, относящимся ко второй, наиболее представительной в исследовании группе рек, является *эстуарно-дельтовая* область (см. табл. 2). В большинстве случаев у рассмотренных рек ниже устьевых участка находится однорукавная *дельта выполнения эстуария* (залива) и лишь в одном – малорукавная *дельта выполнения устьевой лагуны* р. Тымь. Для всех УОР эстуарно-дельтового типа их характерной особенностью является наличие в зоне устьевых створа аккумулятивного новообразования – *дельтово-руслового комплекса*, формирование которого происходило и происходит постепенно по мере заполнения речными наносами вершины залива и выдвигания его аэральная части в сторону моря (рис. 4). Осуществляющееся параллельное этому процессу обвалование бровок водотока, который постепенно удлиняется в этом же направлении, привело к формированию относительно прямолинейного участка русла. Вполне вероятно, что для части рек, характеризующихся небольшими уклонами дна взморья (менее 0.0002), развитие данного процесса может относиться к проявлению пассивного устьевых удлинения, связанного с понижением уровня моря в позднем голоцене. В большинстве рассмотренных случаев подобная прямолинейность самого нижнего участка русла, как правило, не согласуется с морфодинамическим типом части русла, расположенного выше, сформировавшегося еще в условиях отсутствия прямого влияния морских процессов на русловые.

Таблица 1

Морфолого-морфометрические характеристики элементов УОР подтипа открытый залив
Table 1. Morphological and morphometric characteristics of the elements of the river mouth area
of the open bay subtype

Река, местоположение устья	Длина УОР, км	МТР устьевого участка (1-й подучасток), протяженность, (%), $K_{из}$	МТР устьевого участка (2-й подучасток – при наличии), протяженность, (%), $K_{из}$	МТР приустьевого участка, $K_{из}$	Ширина осушки, м: в заливе / в русле
Ома, Чешская губа, Баренцево море	22.0	Разветвленное (разветленно- извилистое), (64) , $K_{из} - 1.3$	Извилистое адаптированное (излучины заваленные, крутые, прямолинейные вставки), (36) , $K_{из} - 1.5$	Извилистое адаптированное (излучины заваленные крутые, прямолинейные вставки), $K_{из} - 1.8$	<u>800–1500</u> 70–100
Кушерека, Онежская губа, Белое море	3.9	Разветвленное (пойменно-русловое), (100)	Отсутствует	Врезанное раздвоенное (прямолинейная вставка, 2.2 км, излучины и прямолинейные вставки)	<u>300–400</u> 5–15
Семжа, Мезенский залив, Белое море	6.3	Извилистое адаптированное (синусоидальные, сундучные с 1.5-километровой прямолинейной вставкой), (38) , $K_{из} - 1.4$	Извилистое адаптированное (излучины сегментные, заваленные, петлеобразные), (62) , $K_{из} - 1.6$	Извилистое широкопойменное (излучины сегментные пологие и прямолинейные вставки), $K_{из} - 1.2$	<u>900–1000</u> 25–35
Сноп, Чешская губа, Баренцево море	11.4	Извилистое широкопойменное (петлеобразные, сегментные), (100) , $K_{из} - 1.8$	Отсутствует	Извилистое адаптированное (излучины сегментные, сундучные, прямолинейные вставки), $K_{из} - 1.7$	<u>100–150</u> 10–15
Уай, эстуарий р. Северн, о. Великобри- тания	10.0	Относительно прямолинейное, неразветвленное), (40)	Извилистое врезанное (излучины петлевидные, заваленные, сегментные большие, $R - 2.5$), (60) , $K_{из} - 1.5$	Извилистое врезанное, $K_{из} - 1.2$	<u>150–200</u> 30–40

Примечание: $K_{из}$ – коэффициент извилистости русла; R – средний радиус излучин.

Рассмотренные примеры взаимодействия приливо-отливных и русловых процессов указывают на сложность и разнообразие возникающих комбинаций береговых форм рельефа и проявлений русловой морфодинамики в пределах устьевых участков рек. Не менее важное значение в понимании перспектив развития долины реки имеет поиск ответов на вопросы об особенностях формирования морфодинамических типов русла на всем протяжении УОР. Объясняется это, как правило, кратным превышением длины устьевого участка реки по сравнению с протяженностью дельтового.

При изучении особенностей развития русловых процессов в пределах УОР в качестве главного «измерителя» их проявлений были использованы изменения МТР, выделен-

Таблица 2

Морфолого-морфометрические характеристики элементов УОР эстуарно-дельтового и эстуарного типов
 Table 2. Morphological and morphometric characteristics of the elements of the river mouth area of the estuarine-deltaic type and estuarine type

Река, местоположение устья	Тип УОР, длина, км	МТР дельтового участка	МТР устьевого участка, подучастки 1, 2 (при наличии), $K_{\text{пр}}$	МТР приустьевое участка, $K_{\text{пр}}$	Ширина осушки, м: в заливе / в бровках русла
Тымы, восточное побережье о. Сахалин	Эстуарно-дельтовая с малорукавной дельтой выполнения, 22	Разветвленное раздельное с одиночными разветвлениями в рукавах. Большая излучина выше узла разветвления	Извилистое широкопойменное (большая излучина, осложненная излучинами 2-го порядка, $K_{\text{пр}} - 1.5$)	Извилистое (петлеобразные) широко пойменное, $K_{\text{пр}} - 2.0$	<u>3200-3500</u> 4-6
Орд, Кембриджский залив, северное побережье Австралии	Эстуарно-дельтовая с однорукавной дельтой выполнения, 41	Относительно прямолинейное разветвленное (чередующиеся односторонние)	1. Извилистое широкопойменное (крупные сегментные излучины, $R - 1-2$ км), $K_{\text{пр}} - 1.5$. 2. Извилистое (сегментные излучины $R - 0.2-0.4$ км, одиночные разветвления), $K_{\text{пр}} - 1.2$	Извилистое широко пойменное (сегментные излучины с протяженными прямолинейными вставками), $K_{\text{пр}} - 1.3$	<u>1300-1500</u> 0
Западный Аллигатор, северное побережье Австралии	Эстуарно-дельтовая с однорукавной дельтой выполнения, 45	Относительно прямолинейное неразветвленное	1. Две большие врезанные петлеобразные излучины, $K_{\text{пр}} - 1.8$. 2. Извилистое (сегментные) врезанное с прямолинейными вставками, $K_{\text{пр}} - 1.2$	Относительно прямолинейное врезанное	<u>130-150</u> 15-30
Северн, Бристольский залив, о. Веллкобриггана	Эстуарная, 62	Относительно прямолинейное неразветвленное	1. Две большие врезанные петлеобразные излучины, $K_{\text{пр}} - 2.1$. 2. Извилистое врезанное (заваленная излучина) с прямолинейными вставками, $K_{\text{пр}} - 1.2$	Относительно прямолинейное врезанное	<u>1500-1800</u> 20-25
Дордонь, эстуарий Жиронда, Бискайский залив	Эстуарно-дельтовая с однорукавной дельтой выполнения, 44	Относительно прямолинейное врезанное, единичные разветвления	1. Извилистое – две большие врезанные (синусодальные и сегментные с прямолинейными вставками) излучины, $K_{\text{пр}} - 1.3$. 2. Слабоизвилистое врезанное с прямолинейными участками (полотье сегментные излучины), $K_{\text{пр}} - 1.07$. 3. Относительно прямолинейное врезанное	Извилистое врезанное (сегментные излучины с прямолинейными вставками), $K_{\text{пр}} - 1.2$	<u>1500-2000</u> 12-18
Тухайх, Бахайский залив, Желтое море	Эстуарно-дельтовая с однорукавной дельтой выполнения, 54	Относительно прямолинейное врезанное	Извилистое широкопойменное (большая излучина, осложненная излучинами 2-го порядка, $K_{\text{пр}} - 1.5$)	Относительно прямолинейное врезанное с одним разветвлением	<u>2000-2500</u> 100-150

Примечание: $K_{\text{пр}}$ – коэффициент извилистости русла; R – средний радиус излучин



Рис. 4. Верхняя граница УОР эстуарно-дельтового типа. Реки: А – Западный Аллигатор (северная Австралия); Б – Уэйау (о. Северный, Новая Зеландия); В – Орд (северная Австралия); Г – Тухайхэ (Бахайский залив, Китай); Д – Дордонь (эстуарий Жиронда, Франция); Е – Уай (эстуарий Северн, Великобритания)

Fig. 4. Upper boundary of estuarine-delta type river mouth. Rivers: А – Western Alligator (Northern Australia); Б – Weyau (Severn Island, New Zealand); В – Ord (Northern Australia); Г – Tuhaihe (Bahai Bay, China); Д – Dordogne (Gironde Estuary, France); Е – Wye (Severn Estuary, UK)

ные в соответствии с классификационной схемой МГУ [24]. Фиксировались и анализировались характер сменяемости типов русла в направлении от верхней границы УОР к устьевому створу и различия в наборе ведущих МТР по сравнению с участками русла, расположенными выше устьевой области. Важным показателем, указывающим на смену направленности эволюционных процессов, влияющих на геодинамику русел с момента последней стабилизации уровня океана, стали изменения некоторых морфолого-морфометрических характеристик их элементов. К числу последних относятся степень извилистости русла, разновидности излучин, формы русловых разветвлений и некоторые другие морфометрические показатели элементов русла и пойменно-русловых комплексов в целом.

Реки, протекающие в области перехода от зоны субарктики к зоне умеренного климата – Сёмжа, Кушерека, Снопа и Ома, в соответствии со схемой районирования по типам русловых процессов и распространению различных морфодинамических типов [25] относятся к районам равнинных широкопойменных и/или равнинных с чередованием врезанных и широкопойменных русел. УОР, относящиеся к типу открытого залива, располагаются в основном в пределах плоских заболоченных равнин с моренными холмами и сложены песчано-глинистыми морскими и ледниковыми отложениями. Тип устьевой области и особенности геолого-геоморфологических условий, в которых сегодня происходит формирование нижнего течения этих рек, сказались на условиях развития русловых процессов. На р. Сёмжа, характеризующейся самыми большими из всей группы этих рек значениями приливной волны в устье (8–9 м), *извилистое адаптированное* русло фиксируется только на устьевом и дельтовом участках, но за пределами верхней границы УОР становится *извилистым широкопойменным* (см. табл. 1). К признакам наличия реакции русловых процессов на проявление приливо-отливных процессов относится и увеличение коэффициента извилистости русла на устьевом участке по сравнению с примыкающим к нему приустьевым участком реки. К другим примерам влияния морского прилива на русловые процессы у рек этой группы относится смена МТР на верхней границе УОР р. Кушерека: *извилистое врезанное* русло за пределами устьевой области становится разветвленным. Подобная же смена морфодинамического типа русла зафиксирована на р. Ома – на границе приустьевого участка с устьевым также происходит смена извилистого русла на разветвленное.

Более масштабно по разнообразию возникающих комбинаций выглядят смены морфодинамических типов приливных рек в УОР, представленных эстуарно-дельтовым типом. По климатическому зонированию реки, выбранные для анализа, относятся к умеренной, тропической и субэкваториальной зонам. Формирование дельтово-руслового комплекса, связанного с выдвиганием речных наносов в акваторию залива, предопределило образование практически у всех исследованных рек *относительно прямолинейного* участка русла. Невозможность проявления активной абразии из-за узости акватории залива (в отличие от внешнего края УОР открытого залива) сделало процесс аккумуляции ведущим процессом морфолитогенеза в дельтовых участках этих рек. В случаях, когда конфигурация морского залива на стадии его первичного затопления имела не совсем прямолинейную форму, заполнение залива наносами происходило в виде отдельных колен (реки Западный Аллигатор, Уэйау), но с сохранением прямолинейности в пределах отдельных его элементов.

Важной особенностью формирования русла в пограничной зоне дельты и устьевого участка этих рек (зона перехода от дельтово-русловых к пойменно-русловым комплексам) стала повышенная активность поперечного развития меандр на стадии начального заполнения наносами вершин морских заливов. Для подавляющего их большинства характерно наличие, обычно, 2–3 «больших меандр», образовавшихся еще до формирования относительно прямолинейных участков русла. Причину их появления можно объяснить особым (более песчаным) составом наносов, скопившихся в вершинах заливов при более высоком уровне моря, по сравнению с составом наносов, прекративших свое

движение выше по течению [26, 27]. Сегодня формирование приустьевых морских террас высотой 1–2 м над современной поймой фиксируется в речных долинах не только в пределах современных границ дельтового участка, но часто и за его пределами. Присутствие в основном песков в этих частях древних устьев рек привело к более высоким скоростям поперечного смещения излучин по сравнению с развивавшимися выше по течению свободными излучинами. Подобные примеры смены темпов и масштабов размыва песчаных берегов у равнинных рек ранее уже были описаны в работах [28, 29], где объяснены причины возникновения локальной активизации боковой эрозии в конце дельтового – начале устьевого участка русла на начальной стадии их формирования в позднем голоцене.

На всем протяжении участков *прямолинейного* и *извилистого врезанного* русла у рек, относящихся к эстуарно-дельтовым и эстуарным УОР, отличительной чертой является также наличие осушек в днище руслового канала (см. табл. 2). Ширина осушек этих рек в малую воду достигает половины и даже более от всей ширины русла. Частичная заполняемость русла, периодически образующаяся в период отлива, объясняет отнесение данных участков некоторыми исследователями к эстуариям. Например, вершиной эстуария р. Северн (юго-запад о. Великобритания) определен г. Глостер [30], находящийся на расстоянии около 70 км от устьевого створа. На конечном (верхнем) участке эстуария (реки? – автор) расположены две «большие меандры», выше которых эстуарий представлен типичными (речными) врезанными излучинами. Примерно в этом же районе (немного ниже по течению) на участке извилистого русла по смене окраски воды в русле и выклиниванию вдольбереговых приречных осушек нами также была зафиксирована верхняя граница УОР.

Если принимать во внимание наличие излучин в самой верхней части УОР, относящихся к эстуарно-дельтовому и эстуарному типам, то роль русловых процессов в их образовании не вызывает сомнений, что, по нашему мнению, полностью соответствует критериям применения к ним морфодинамической классификации речных русел, разработанной для равнинных («материковых») рек. Возможность ее использования для участков УОР, в которых при морфологическом разнообразии русла, обусловленном деятельностью русловых процессов, влияние на их развитие оказывают и приливно-отливные процессы, косвенно подтверждается и другими сторонниками отнесения таких участков рек к эстуариям. Что считать эстуарием в чистом виде, а что с чертами речного русла, было заявлено и рассмотрено исследователями на примере Джеймс эстуария [31]. По результатам изучения современных осадков и фаций авторы выделили три зоны: устье залива, эстуарная воронка и зона *меандрирования*. Последняя зона характеризуется типичными для рек формами русла – меандрами. В дополнение к признакам, основанным на особенностях конфигурации, русловая составляющая была дополнена характеристикой типа литофаций этой зоны – песок с грубозернистыми осадками, отражающей ее формирование при преобладании энергии реки над действием волн приливов. По-видимому, компромиссным решением для обозначения и идентификации водотоков в УОР, развивающихся в русловых бровках, с моделировкой канала русла русловыми и приливно-отливными процессами, стало бы их отнесение к особому типу проточного водоема – река-эстуарий.

Особенностью развития русловой морфодинамики рек-эстуариев, кроме примеров сменяемости МТР в пределах УОР, также можно считать увеличение степени их извилистости. Так, у рек Западный Аллигатор, Северн, Тухайхэ *относительно прямолинейное* русло дельтового участка меняется на *извилистое* на устьевом участке. Для остальных рек зафиксировано увеличение коэффициента извилистости: на Уай – с 1.2 до 1.5, Орд – с 1.3 до 1.5, Уэйау – с 1.1 до 1.9. Подобные изменения морфометрических характеристик обычно происходят с уменьшением доли сегментных излучин продольного развития и увеличением доли петлеобразных, омеговидных и некоторых других разновидностей, отличающихся преимущественно поперечным смещением русла.

Заключение и выводы

Дешифрирование спутниковых изображений приливных рек, отличающихся четко фиксируемыми проявлениями «облака взвеси», позволило установить их принадлежность к двум типам УОР мезо- и макроприливных побережий морей: простым и эстуарно-дельтовым областям. Устьевые области, относящихся к подтипу открытого залива, были представлены главным образом небольшими и лишь в ряде случаев средними реками. Крупные и значительная часть средних рек относились к устьевым областям эстуарно-дельтового типа.

Главными особенностями формирования МТР в пределах УОР являются изменения в структуре типов МТР устьевого и дельтового участков по сравнению с приустьевым. Для УОР, относящихся к группе рек открытого залива, пересечение рекой ее верхней границы обычно сопровождается сменой *извилистого широкопойменного* русла на *извилистое адаптированное* (реакция на увеличение извилистости и размеров излучин) или *извилистого* на *разветвленное*. Для УОР относящихся к эстуарно-дельтовому типу, отличительной особенностью самого нижнего участка русла, в подавляющем числе случаев, является его *относительная прямолинейность*. К особенностям формирования однорукавных дельт также относится наличие обычно 2–3 врезанных «больших меандр», располагающихся сразу выше прямолинейных участков русла.

Важным показателем смены морфолого-морфометрических характеристик форм русла на участках рек, испытывающих воздействие приливов/отливов, является и увеличение их извилистости, а также уменьшение доли сегментных излучин и, напротив, увеличение доли петлеобразных и омегавидных. Все рассмотренные примеры смены структуры МТР и некоторых других особенностей формирования элементов русла в пределах УОР (включая реки-эстуарии) дают представление о направленности развития в них русловых процессов при повышении уровня Мирового океана и смещении верхней границы УОР вверх по течению.

Благодарности. Работа выполнена по теме государственного задания «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша–океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (125021302113-3).

Acknowledgments. The work was carried out on the topic of the state assignment “Natural and anthropogenic dynamics, transformation and evolution of different-rank geosystems and their components in the transition zone “land-ocean” in the context of increasing natural and man-made risks; development of methods and geoinformation technologies for their monitoring and modeling” (125021302113-3).

Литература

1. Коротаяев В.Н. Геоморфология речных дельт. М.: Изд-во МГУ, 1991. 224 с.
2. Михайлова М.В. Взаимодействие приливов и штормовых нагонов в устье р. Эльбы // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 3. С. 283–296.
3. Алабян А.М., Василенко А.Н., Демиденко Н.А., Крыленко И.Н., Панченко Е.Д., Попрядухин А.А. Приливная динамика вод в дельте Перчоры в летнюю межень // Вестн. Моск. ун-та. 2022. № 1. С. 167–179.
4. Панченко Е.Д. Динамика потока в приливных устьях малых рек (на примере Беломорского бассейна): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2022. 28 с.
5. Бровко П.Ф. Береговая зона океана: географические и правовые аспекты управления // Географические исследования морских побережий. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1998. С. 24–35.
6. Самойлов И.В. Устья рек. М.: Географгиз, 1952. 526 с.
7. Михайлов В.Н., Горин С.Л. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 3. С. 243–257.
8. Океанология. Термины и определения. ГОСТ 1845173 – ГОСТ 1845873. М.: Госстандарт, 1973. 63 с.
9. Сафьянов Г.А. Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1996. 400 с.
10. Davies J.L.A. A morphogenic approach to world shorelines // Z.F. Geomorphol. 1964. N 8. P. 27–42.

11. Горбунов А.О. Морфология и особенности динамики устьевых рек о. Сахалин: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПб.: Рос. пед. гос. ун-т им. А.И. Герцена, 2012. 24 с.
12. Дологов Ю.С. Процессы рельефообразования и осадконакопления на приливных побережьях Мирового океана. М.: Научный мир, 2010. 180 с.
13. Михайлов В.Н. Гидрологические процессы в устьях рек. М.: ГЕОС, 1997. 176 с.
14. Полуниин Г.В. Объяснительная записка к карте литологических комплексов и экзогенных процессов суши и шельфа Сахалина масштаба 1: 500 000 / Г.В. Полуниин, В. Ф. Путов, А.И. Гордин, В.А. Коноваленко, В.А. Бузлаев, Л.С. Оскорбин. Хабаровск; Южно-Сахалинск, 1992. 136 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т. 18, вып. 4. Сахалин и Курилы. 266 с.
16. Долгополова Е.Н. Условия образования бора и его влияние на перенос осолоненных вод в устьях рек // Водные ресурсы. 2013. Т. 40, № 1. С. 19–35. DOI: 10.7868/S0321059613010021.
17. Allen G.P., Salomon J.C., Bassoullet P., Du Penhoat Y., Granpre de C. Effects of tides on mixing and suspended transport in macrotidal estuaries // *Sedim. Geology*. 1980. Vol. 26. N 1/3. P. 69–90.
18. Мискевич И.В., Алабян А.М., Демиденко Н.А., Коробов В.Б., Панченко Е.Д. Формирование высокой мутности вод в малых приливных эстуариях Белого и Баренцева морей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2022. № 4. С. 142–153.
19. Chanson H. Environmental, ecological and cultural impacts of tidal bores benaks, bonos and burros // Proc. Intern. Workshop on Environ. Hydraulics: theoretical, experimental and computational solutions. Valencia, 2009. P. 1–20.
20. Лабутина И.А., Сафьянов Г.А., Шарлай Т.Г. Исследование распространения взвесей в море по многозональным аэрофотоснимкам // Докл. АН. 1976. Т. 230, № 2. С. 536–538.
21. Albanakis K.S. Testing of a model for the simulation of the volume reflectance of water due to suspended sediment under controlled conditions, for various sediment types // *International J. Remote Sensing*. 1990. Vol. 11, N 9. P. 1533–1547. DOI: 10.1080/01431169008955112.
22. Doxaran D., Froidefond J.-M., Castaing P. A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters // *International J. Remote Sensing*. 2002. Vol. 23, N 23. P. 5079–5085. DOI: 10.1080/0143116021000009912.
23. Назаров Н.Н. Геодинамика побережий водохранилищ Пермского края. Пермь: Полиграфкомплект, 2008. 152 с.
24. Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М.: ГЕОС, 1998. 288 с.
25. Русловой режим рек Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1994. 336 с.
26. Короткий А.М., Худяков Г.И. Экзогенные геоморфологические системы морских побережий. М.: Наука, 1990. 216 с.
27. Микишин Ю.А. О рiasовом типе расчленения северного побережья Сахалина в среднем голоцене и масштабах трансгрессии Охотского моря // Географические исследования морских побережий. Владивосток: ДВГУ, 1998. С. 75–84.
28. Зайцев А.А. Формирование свободных излучин на равнинных реках: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1979. 24 с.
29. Лысенко В.В. О естественном спрямлении излучин верхней Оби (на примере Тарадановской излучины) // Тр. ЗапСибНИИ Госкомгидромета. 1977. Вып. 35. С. 119–126.
30. Uncles R. J., Jordan M.B. Residual fluxes of water and salt at two stations in the Severn Estuary // *Estuarine and Coastal Marine Science*. 1979. N 3. P. 287–302.
31. Nichols M.M., Johnson G.H., Peebles P.C. Modern Sediments and Facies Model for a Microtidal Coastal Plain Estuary, the Games Estuary, Virginia // *J. Sedim. Petrol*. 1991. Vol. 61, N 6. P. 883–899.

References

1. Korotaev, V.N. Geomorphology of River Deltas. Mosc. St. Univ. Publ.: Moscow, Russia, 1991; 224 p. (In Russian)
2. Mikhailova, M.V. Interaction of Tides and Storm Surges at the Elbe River Mouth. *Water Resources*. 2011, 38, 3, 284–297.
3. Alabyan, A.M.; Vasilenko, A.N.; Demidenko, N.A.; Krylenko, I.N.; Panchenko, E.D.; Popryadukhin, A.A. Tidal Flow Dynamics in the Pechora River Delta During Summer Low Water. *Vestnik Mosc. Un-ta. Ser. 5. Geogr.* 2022, 1, 167–179. (In Russian)
4. Panchenko, E.D. Dynamics of Flow in Tidal Mouths of Small Rivers (on the Example of the White Sea Basin). Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation. Mosc. St. Univ. Publ.: Moscow, Russia, 2022, 28. (In Russian)
5. Brovko, P.F. Ocean Coastal Zone: Geographical and Legal Aspects of Management. *In Geographical Studies of Sea Coasts*. FEFU Publ.: Vladivostok, Russia, 1998, 24–35. (In Russian)
6. Samojlov, I.V. River Mouths. *Geografgiz Publ.*: Moscow, Russia, 1952; 526 p. (In Russian)
7. Mikhailov, V.N.; Gorin, S.L. New Definitions, Regionalization, and Typification of River Mouth Areas and Estuaries as their Parts. *Water Resources*. 2012, 39, 3, 247–260.

8. Oceanology. Terms and definitions. GOST 1845173 – GOST 1845873. Gosstandart Publ.: Moscow, Russia, 1973, 63. (In Russian)
9. Safyanov, G.A. Geomorphology of Sea Coasts. Mosc. St. Univ. Publ.: Moscow, Russia, 1996; 400 p. (In Russian)
10. Davies, J.L.A. A morphogenic approach to world shorelines. *Z.F. Geomorphol.* 1964, 8, 27–42.
11. Gorbunov, A.O. Morphology and Dynamics of the Estuarine Rivers of the Sakhalin Island. Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation. Herzen Univ. Publ.: Saint Petersburg, Russia, 2012, 22. (In Russian)
12. Dolotov, Yu.S. Processes of Relief Formation and Sedimentation on the Tidal Coasts of the World Ocean. Nauchnyj Mir Publ.: Moscow, Russia, 2010; 180 p. (In Russian).
13. Mikhajlov, V.N. Hydrological Processes at River Mouths. GEOS Publ.: Moscow, Russia, 1997; 176 p. (In Russian)
14. Polunin, G.V. Explanatory note to the map of lithological complexes and exogenous processes of the land and shelf of Sakhalin at a scale of 1:500,000. Khabarovsk, Yuzhno-Sahalinsk, Russia, 1992; 136 p. (In Russian)
15. Surface Water Resources of the USSR. Sakhalin and the Kuril Islands Gidrometeoizdat: Leningrad, USSR, 1973, 18, 4; 266 p. (In Russian)
16. Dolgoplova, E.N. The Conditions for Tidal Bore Formation and its Effect on the Transport of Saline Water at River Mouths. *Water Resources.* 2013, 40, 1. 16–30. doi: 10.1134/S0097807813010028. (In Russian)
17. Allen, G.P.; Salomon, J.C.; Bassoullet, P.; Du Penhoat, Y.; Granpre, de C. Effects of Tides on Mixing and Suspended Transport in Macrotidal Estuaries. *Sedim. Geology.* 1980, 26, 1/3, 69–90.
18. Miskevich, I.V.; Alabyan, A.M.; Demidenko, N.A.; Korobov V.B.; Panchenko, E.D. Formation of High Water Turbidity in Small Tidal Estuaries of the White and Barents Seas. *Vestnik Mosc. Un-ta.* Ser. 5. Geogr. 2022, 4, 142–153. (In Russian)
19. Chanson, H. Environmental, Ecological and Cultural Impacts of Tidal Bores Benaks, Bonos and Burros. In *Proc. Intern. Workshop on Environ. Hydraulics: Theoretical, Experimental and Computational Solutions.* Valencia, 2009, 1–20.
20. Labutina, I.A.; Safyanov, G.A.; Sharlay, T.G. Study of the Distribution of Suspended Matter in the Sea Using Multispectral Aerial Photographs. In *Reports of the USSR Academy of Sciences*, 1976, 230, 2, 536–538. (In Russian)
21. Albanakis, K.S. Testing of a Model for the Simulation of the Volume Reflectance of Water Due to Suspended Sediment under Controlled Conditions, for Various Sediment Types. *International J. Remote Sensing.* 1990, 11, 9, 1533–1547. doi:10.1080/014311690008955112.
22. Doxaran, D.; Froidefond, J.-M.; Castaing, P. A Reflectance Band Ratio Used to Estimate Suspended Matter Concentrations in Sediment-dominated Coastal Waters. *International J. Remote Sensing.* 2002, V. 23, 23, 5079–5085. doi: 10.1080/0143116021000009912.
23. Nazarov, N.N. Geodynamics of the Coasts of Water Basins in the Perm Region. Poligrafkomplekt: Perm, Russia, 2008; 152 p. (In Russian)
24. Chalov, R.S.; Alabyan, A.M.; Ivanov, V.V.; Lodina, R.V.; Panin, A.V. Morphodynamics of lowland river beds. GEOS: Moscow, Russia, 1998; 288 p. (In Russian)
25. Channel Regime of Rivers in Northern Eurasia. Mosc. St. Univ. Publ.: Moscow, Russia, 1994; 336 p. (In Russian)
26. Korotkiy, A.M.; Khudyakov, G.I. Exogenous Geomorphological Systems of Seashores. Nauka: Moscow, Russia, 1990; 216 p. (In Russian)
27. Mikishin, Yu.A. On the Rias Type of Dissection of the Northern Coast of Sakhalin in the Middle Holocene and the Scale of Transgression of the Okhotsk Sea. In *Geographical Studies of Seashores.* FEFU: Vladivostok, Russia, 1998, 75–84. (In Russian)
28. Zaitsev, A.A. Formation of Meanders on Rivers. Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation. Mosc. St. Univ. Publ.: Moscow, Russia, 1979, 24 p. (In Russian)
29. Uncles, R.J.; Jordan, M.B. Residual Fluxes of Water and Salt at Two Stations in the Severn Estuary. *Estuarine and Coastal Marine Science.* 1979, 3, 287–302.
30. Lysenko, V.V. On the Natural Straightening of the Bends of the Upper Ob (Using the Example of the Taradanovskaya Bend). In *Tr. ZapSibNII Goskomhydromet*, 1977, 35, 119–126. (In Russian)
31. Nichols, M.M.; Johnson, G.H.; Peebles, P.C. Modern Sediments and Facies Model for a Microtidal Coastal Plain Estuary, the James Estuary. Virginia. *Journ. Sedim. Petrol.* 1991, 61, 6, 883–899.

Статья поступила в редакцию 12.08.2024; одобрена после рецензирования 5.09.2024; принята к публикации 20.09.2024.

The article was submitted 12.08.2024; approved after reviewing 5.09.2024; accepted for publication 20.09.2024.

Гидролого-гидрохимическая характеристика малых рек города Владивосток

Владимир Владимирович ШАМОВ^{1,2}
доктор географических наук, главный научный сотрудник
vlshamov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9310-1836>

Светлана Григорьевна ЮРЧЕНКО¹
кандидат географических наук, научный сотрудник
yurchenko@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2008-1103>

Анна Геннадьевна БОЛДЕСКУЛ¹
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
boldeskul@tigdvo.r, <https://orcid.org/0000-0001-9014-2405>

Татьяна Николаевна ЛУЦЕНКО¹
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
luts@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5433-8248>

Сергей Юрьевич ЛУПАКОВ¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
rbir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5804-2604>

Татьяна Сергеевна ВШИВКОВА^{2,3}
PhD, старший научный сотрудник
sekretar-oes-tv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5246-6214>

Татьяна Владимировна НИКУЛИНА³
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
nikulinatv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

¹ ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, Россия

² Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

³ ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. В настоящее время воздействие урбанизации на процессы стокоформирования и качество воды в малых реках городов Дальнего Востока остается малоизученным в силу одновременности, разнонаправленности, неоднозначности и сложности этого воздействия. В статье рассматриваются гидрологические и гидрохимические аспекты современного геоэкологического состояния пяти постоянных рек, водосборы которых расположены в пределах Владивостокской городской агломерации и имеют различную длительность освоения, связанную с историей города. Были использованы данные наблюдений по растворенному веществу, полученные в верховьях и устьях рек в предзимний период (конец октября) 2022 г. Выявлено, что соотношение основных растворенных веществ в воде городских рек заметно изменяется от сравнительно мало затронутых

урбанизацией верховьев к их устьевым участкам. Концентрация нитритов, фосфора, металлов (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb) в реках, дренирующих урбанизированную территорию, значительно (до нескольких раз) превышает соответствующие концентрации в воде «условно чистых» верховьев. Превышение ПДК (для объектов рыбохозяйственного значения) по Си в низовьях рек Первая Речка и Вторая Речка составило 1.5 и 4 ПДК соответственно. Выявлено превышение ПДК по Mn в низовьях рек Седанка, Вторая Речка, Черная Речка и Первая Речка на уровне 2 ПДК, 3 ПДК, 10 ПДК и 16 ПДК. На основании сравнения с данными прошлых лет подтвержден вывод о загрязнении речных вод и о существенном влиянии урбанизации на городские реки.

Ключевые слова: река, гидрология, гидрохимия, урбанизация, Владивосток

Для цитирования: 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 // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 33–47. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_3.

Original article

Hydrological and hydrochemical characteristics of small rivers of the Vladivostok City

Vladimir V. SHAMOV^{1,2}

Doctor of Geographical Sciences, Chief research associate
vlshamov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9310-1836>

Svetlana G. YURCHENKO¹

Candidate of Geographical Sciences, Research associate
yurchenko@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2008-1103>

Anna G. BOLDESKUL¹

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate
boldeskul@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9014-2405>

Tatyana N. LUTSENKO¹

Candidate of Geographical Sciences, Senior Research associate
luts@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5433-8248>

Sergey Yu. LUPAKOV¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
rbir@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5804-2604>

Tatyana S. VSHIVKOVA^{2,3}

PhD, Senior research associate
sekretar-oes-tv@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5246-6214>

Tatyana V. NIKULINA³

Candidate of Biological Sciences, Senior research associate
nikulinatv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

³Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. At present, the impact of urbanization on flow generation processes, water quality and aquatic biota in small rivers of Far-East Russian cities remains poorly understood due to the multi-

temporal, multi-directional, ambiguous and complex nature of these impacts. The paper deals mainly with hydrological and hydrochemical aspects of the current geo-ecological state of the five largest perennial rivers, which catchment areas are located within the urban agglomeration of the Vladivostok City and have different periods of areal development related to the history of the metropolis. Dissolved matter monitoring data obtained in the headwaters and near-mouth of the five rivers in the pre-winter period (late October) of 2022 were used. It was found that the ratio of major dissolved substances in the urban rivers studied changes significantly from the headwaters, which are relatively unaffected by urbanization, to their estuaries. The concentration of nitrites, phosphorus and various metals such as Fe, Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb in the water of the rivers draining the urbanized area is significantly (up to several times) higher than the corresponding concentrations in the water of the “conditionally clean” upper reaches of the rivers studied. The exceedance of the Maximum Allowable Concentration (MAC) of Cu that were established for water bodies of fisheries importance in the lower reaches of the Pervaya Rechka R. and the Vtoraya Rechka R. was 1.5 and 4 MAC, respectively. Exceedances of the MAC of Mn in the lower reaches of the Sedanka, Vtoraya Rechka, Chernaya Rechka and Pervaya Rechka rivers were found to be 2 MAC, 3 MAC, 10 MAC and 16 MAC, respectively. Based on the comparison with the data collected in 1999–2011, conclusions were drawn about the pollution of urban rivers and the significant and complicated impact of urbanization on the rivers draining the territory of the Vladivostok City.

Keywords: river, hydrology, hydrochemistry, urbanization, Vladivostok City

For citation: Shamov V.V., Yurchenko S.G., Boldeskul A.G., Lutsenko T.N., Lupakov S.Yu., Vshivkova T.S., Nikulina T.V. Hydrological and hydrochemical characteristics of small rivers of the Vladivostok City // Pacific Geography. 2025;(1):33-47. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_3.

Введение

По мере роста городов и городских агломераций влияние урбанизации на состояние речных экосистем привлекает все большее внимание ученых, общественности, муниципальных органов власти, ответственных за экологическое состояние городских территорий [1–3]. Систематическое комплексное изучение воздействия города на речные системы, на показатели качества воды, на русловые и эрозионно-аккумулятивные процессы, на водный баланс речных бассейнов и условия стокоформирования в них – все это имеет большое значение для понимания общей геоэкологической ситуации и закономерностей развития и функционирования речных экосистем в пределах городских территорий [4–7]. Кроме того, это может быть основой для разработки эффективных мер в области восстановления и сохранения рек – важных компонентов городской среды. С каждым годом в мире появляется все больше примеров восстановления городских водотоков, накапливается опыт в этой области; особую ценность представляют результаты, полученные в ходе региональных тематических исследований [8–10]. Проблема деградации городских водных объектов, проявляющаяся в ухудшении их физического, химического и биологического состояния, получила общее название «синдром городских водотоков» [1, 7] и активно исследуется за рубежом [5–7], при этом в России такие исследования пока не получили должного развития [11–13]. Дальний Восток России в этом плане пока слабо изучен [4, 14–16].

Проблемы деградации речных экосистем урбанизированных территорий Дальнего Востока требуют срочного решения, однако на сегодняшний день влияние урбанизации на русловые процессы и химический состав воды рек зоны муссонного климата еще недостаточно оценено. Методы и критерии оценки качества воды по многим показателям не адаптированы к региональным особенностям, что приводит к противоречивым результатам таких оценок [17, 18].

С целью перспективной геоэкологической оценки влияния урбанизации на реки г. Владивосток авторами во время осенней межени 2022 г. было проведено гидролого-гидрохимическое экспресс-обследование наиболее крупных из них.

Объекты исследования

Территория, расположенная в пределах муниципальных границ г. Владивосток, относится к наиболее преобразованному человеком в Приморском крае. В качестве модельных участков были выбраны пять малых рек, расположенных в зонах с разным уровнем и характером воздействия.

Исследуемый район относится к Южно-Приморской горно-долинной провинции Сихотэ-Алинской физико-географической области; здесь преобладают низкие и средневысотные горы с отметками абсолютных высот от 70–90 до 430 м. Полуостров Муравьев-Амурский сложен преимущественно горными породами верхнепалеозойского возраста – алевролитами, песчаниками, аргиллитами, андезитами, туфами [19]. Долины рек, дренирующих эту территорию, расположены на высотах в диапазоне 50–150 м над у.м., имеют ширину в верхней части 3–5 км, в нижней – 1–2 км, подстилаются скальными трещиноватыми породами, перекрытыми маломощным суглинистым элювием. Почвы преимущественно бурые горные лесные с разной степенью оподзоленности и оглеенности. Мощность гумусового горизонта не превышает 20 см. Район относится к зоне хвойношироколиственных лесов [19].

Южная часть полуострова и побережье вдоль Амурского залива на всем протяжении и вглубь от береговой линии на 3–5 км практически полностью заняты городской застройкой, предприятиями, строительными площадками, рекреационными объектами, дорогами и т.д. Рельеф, флора и фауна этой территории претерпели значительные изменения в результате многолетней и постоянно расширяющейся хозяйственной деятельности. В северной части полуострова и на склонах, обращенных к Уссурийскому заливу, остаются ландшафты, сохранившие свой первоначальный облик [4]. Исследуемые реки относятся к категории малых горных рек: первого-второго порядка в верховьях и третьего-четвертого – в устьевой зоне. Схема расположения исследуемых речных бассейнов с указанием пунктов отбора проб приведена на рис. 1.

Реки Объяснения, Первая Речка и Вторая Речка почти на всем протяжении представляют собой коллекторы городских сточных вод различного происхождения. В пределах



Рис. 1. Схема района исследования с выделенными водосборами и местами отбора проб: О – р. Объяснения, П – р. Первая Речка, V – р. Вторая Речка, S – р. Седанка, С – р. Черная Речка; 1, 3, 5, 7, 9 – верхние пункты отбора проб; 2, 4, 6, 8, 10 – нижние пункты отбора проб

Fig. 1. A scheme of the study area with identified catchments and sampling locations: O – the Obyasnensia R., П – the Pervaya Rechka R., V – the Vtoraya Rechka R., S – the Sedanka R.; 1, 3, 5, 7, 9 – the upper sites of water sampling; 2, 4, 6, 8, 10 – the lower sites of water sampling

городской застройки русла этих рек засорены бытовыми отходами. Седанка и Черная Речка находятся в историческом пригороде с относительно низкой плотностью населения и застройки, ландшафтные условия в их верховьях близки к естественным, средние и нижние части водосборов подвержены умеренному антропогенному воздействию. Исследуемые реки стекают с западных склонов Центрального хребта и впадают в Амурский залив Японского моря. Русла рек сложены преимущественно песчано-галечными отложениями, в низовьях дно и берега илистые, берега обычно крутые, высотой до 1 м. Пойма обычно узкая.

Некоторые морфометрические характеристики рек и их водосборов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Морфометрические характеристики изученных рек и их водосборов
Table 1. Morphometric characteristics of the studied rivers and its watersheds

Река	Площадь водосбора, км ²	Общая длина русловой сети, км	Средняя высота водосбора, м над у.м.	Наибольшая высота главного водораздела, м над у.м.
Объяснения	13.3	14.9	84	252
Первая Речка	22.1	22.2	125	412
Вторая Речка	20.5	29.6	127	425
Седанка	37.1	38.4	177	454
Черная Речка	11.4	14.1	130	344

В низовьях р. Объяснения русло спрямлено и обрамлено бетонными плитами. В месте отбора проб О-2 отмечены сбросы ливневой канализации и морская вода, поступающая из системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 и служащая местообитанием множества толерантных организмов морской фауны — актиний, прибрежных крабов, двустворчатых моллюсков; пресноводная фауна отмечается крайне редко.

Русло р. Вторая Речка почти на всем протяжении обрамлено железобетонными плитами и лотками с высокими (3–4 м) вертикальными стенками. На устьевом участке длиной 0.6 км и в верховьях река течет в относительно естественных условиях. В верховьях русло выражено слабо, сложено крупными слабоокатанными валунами и галькой; долина узкая, V-образная, с крутыми склонами.

Река Седанка — самая крупная из рассматриваемых рек (см. табл. 1). В ее бассейне расположено водохранилище Пионерское (площадь зеркала 0.84 км²). Бассейн разделяется на относительно естественную верхнюю часть и преобразованную нижнюю часть, включающую водохранилище и расположенный ниже его устьевой участок, давно освоенный под индивидуальные домовладения и иные виды застройки. Обнаружены места сброса сточных вод непосредственно в реку.

Река Черная Речка — наименьшая из рассматриваемых рек. С начала 1990-х гг. вся долина реки интенсивно осваивается под ИЖС, покрывается сетью дорог, ЛЭП и пр. На всем протяжении реки отмечены эрозионные процессы, размыв делювиальных и делюво-аллювиальных отложений, вынос суглинистого материала вниз по течению. В низовье река засорена твердыми бытовыми отходами, в русле отмечается развитие альгобактериальной слизи на каменистых субстратах, а также наличие масляных пятен, от воды исходит сильный гнилостный запах.

Методы исследования

В период с 20 по 27 октября 2022 г. на каждой из пяти рек было обследовано по два участка (рис. 1, табл. 2) с одновременным отбором пробы воды, измерением скорости, ширины и глубины потока (с помощью расходомера SEBA FlowSense, Германия).

Для каждого участка был рассчитан расход воды. Температуру воды, pH и удельную электропроводность (УЭП) измеряли с помощью портативного мультимонитора EC/TDS/pH/Temp НМ-200, Республика Корея. Определение концентрации растворенного кислорода в воде выполнялось с помощью мультипараметрической системы YSI Professional Plus, США.

Химический анализ проб воды проводился в ЦКП ЦЛЭДГИС ТИГ ДВО РАН. Пробы фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0.45 мкм. Фильтры сушили и доводили до постоянного веса, после фильтрации, высушивания и повторного взвешивания рассчитывали содержание взвешенных веществ (ВВ) в воде. В данной работе рассмотрен состав только растворимой фракции. Для определения Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} применяли ионную хроматографию (LC-10, Япония); общий растворенный фосфор (TDP) определяли спектрофотометрически (UNICO 1201, Россия); макрокатионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и микроэлементы Fe, Mn, Ni, Zn, Cu, Cd, Pb анализировали на атомно-абсорбционном спектрофотометре (AA-7000, Япония). Щелочность HCO_3^- и pH определяли на pH-метре Mettler Toledo, Китай. Растворенный органический углерод (POУ) в фильтрате определяли методом термокаталитического окисления на анализаторе TOC-VCPN, Япония. Концентрацию растворенных соединений тяжелых металлов выполнено экстракцией в системе хлороформ – диэтилдитиокарбаминат натрия [20].

Результаты и их обсуждение

Систематические гидролого-геохимические наблюдения (мониторинг) изучаемых рек в настоящее время не осуществляются. Гидрологические характеристики рассчитаны согласно рекомендациям по оценке гидрологических характеристик неизученных рек [21].

Река Объяснения условно разделена на два основных участка – выше Владивостокской ТЭЦ-2 и ниже нее. Режим реки на нижнем участке полностью преобразован работой ТЭЦ-2, в систему охлаждения которой подается морская вода, напрямую сбрасываемая в русло реки, за счет чего водность потока здесь меняется во времени незначительно. Расчетный средний многолетний расход воды в устье реки составляет 0.026 м³/с; минимальный расход воды 95%-ной обеспеченности составляет 0.012 м³/с. Максимальные расходы воды обеспеченности 1 % и 10 % составляют соответственно 85.9 и 32.6 м³/с. Выше Владивостокской ТЭЦ в холодный период года на реке отмечается зимняя межень. Первые ледовые явления – припай – появляются с середины ноября, а образование сплошного ледяного покрова – в декабре. Наибольшая толщина льда наблюдается перед таянием, ранней весной. В нижнем течении реки ледовые явления не наблюдаются.

Водный режим р. Первая Речка аналогичен другим рекам полуострова Муравьев-Амурский. Средний многолетний расход воды в устье составляет 0.044 м³/с; минимальный расход воды 95 %-ной обеспеченности – 0.020 м³/с. Максимальные расходы воды 1%-ной и 10%-ной обеспеченности составляют соответственно 203 и 77.2 м³/с.

Водосбор р. Вторая Речка имеет более короткую в сравнении с предыдущими реками историю освоения, но степень его преобразования сопоставима с ними, в связи с чем гидрологический режим реки существенно изменен. Летняя межень здесь выражена слабо, в среднем наступает через неделю после прохождения очередного паводка и продолжается 20–30 дней до очередных значимых осадков. В засушливые годы река и ее притоки могут пересыхать на перекатах. Расчетные максимальные расходы воды в паводки низкой обеспеченности 1 % и 10 % составляют соответственно 407 и 155 м³/с; средний многолетний расход воды составляет 0.046 м³/с, а минимальный расход 95%-ной обеспеченности – 0.021 м³/с. Максимальный сток данной реки в 2 раза больше, чем р. Первая Речка, несмотря на то, что площади их водосборов близки по величине, предположительно, за счет высоких модулей стока, что связано с большей общей протяженностью и крутизной

склонов долины р. Вторая Речка (см. табл. 1), а также плотной застройкой и обширными участками с искусственными непроницаемыми покрытиями.

Бассейн р. Седанка в верхней части имеет водный режим, близкий к естественному. Несмотря на наибольшие из рассматриваемых площадь водосбора и общую протяженность русловой сети, эта река в нижней части имеет сток, сопоставимый по величине с другими изученными реками. Этому способствует естественная лесная растительность, сохранившаяся на большей части водосбора, и наличие в низовьях регулятора стока – водохранилища Пионерское, построенного в 1960-х гг. Расчетные значения среднего многолетнего расхода воды для верхней части бассейна, где влияние водохранилища практически исключено, составляют $0.067 \text{ м}^3/\text{с}$; минимального расхода воды при 95%-ной обеспеченности – $0.031 \text{ м}^3/\text{с}$; максимальных расходов воды обеспеченности 1 % и 10 % – $596 \text{ м}^3/\text{с}$ и $227 \text{ м}^3/\text{с}$, соответственно.

Черная Речка — водоток, наименее изученный в гидрологическом отношении. Расчетный средний многолетний расход воды в устье составляет $0.022 \text{ м}^3/\text{с}$; минимальный 95%-ной обеспеченности – $0.010 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальные 1%-ной и 10%-ной обеспеченности – 73.6 и $27.9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Воздействие городской застройки на водосборы исследуемых рек приводит к изменению их гидрологического режима. Данных о стоке, полученных в 2022 г., далеко недостаточно для достоверной количественной оценки изменения доли поверхностного стока в общем его объеме. Изменение суточных значений слоя стока 1%-ной обеспеченности (вероятности превышения 1 раз в 100 лет), обычно связанных здесь с сильными дождевыми паводками, варьируют от 9 до 205 мм. Минимальные оценочные значения оказываются заметно ниже, а максимальные – в 1.5–2 раза выше в сравнении с аналогичными характеристиками ненарушенных рек юга Дальнего Востока [22]. Урбаногенное повышение экстремального слоя стока обеспеченности 1 %, вероятно, обусловлено поверхностным стоком во время дождей с участков, покрытых водонепроницаемыми материалами (асфальт, бетон, их производные). Снижение максимального слоя стока обеспеченности 1 % может быть обусловлено неточностью определения значений расхода воды и/или потерями стока, вызванными строительством котлованов, искусственным водоотведением, отсыпкой грунта и пр.

Предварительный анализ удельного стока, рассчитанного по измеренным данным, показал, что режим исследуемых рек преобразован в различной степени (рис. 2).

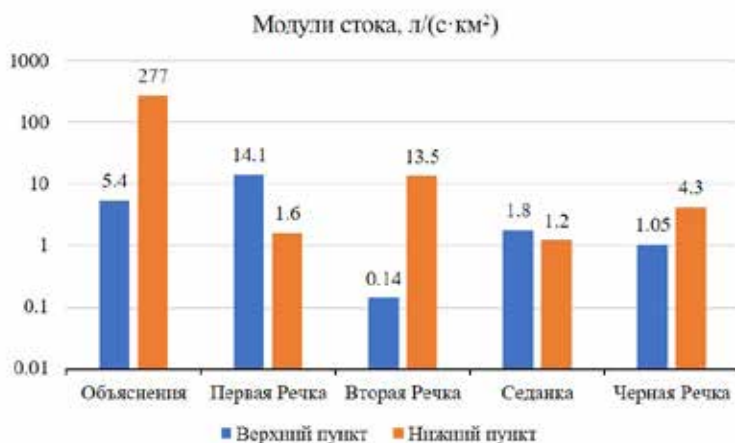


Рис. 2. Сток рек, измеренный в верхних и нижних пунктах наблюдений. Октябрь 2022 г.

Fig. 2. River flow rates measured in the upper and the lower observation sites. October 2022

Черная Речка может рассматриваться в данном контексте как фоновая, т.к. ее бассейн был наименее подвержен изменению в результате застройки; от верховьев к низовьям этой реки модуль стока возрастает. Модуль стока р. Первая Речка сократился почти в 10 раз, предположительно, благодаря уменьшению стокоформирующей площади, несмотря на множество участков с водоупорным покрытием. Удельный сток р. Седанка фактически не изменился за счет регулирующего влияния водохранилища. Модуль стока р. Вторая Речка в нижнем пункте наблюдений оказался почти на два порядка выше по сравнению с верхним, что связано с дополнительным боковым притоком коллекторных вод.

Уникальная ситуация наблюдается на р. Объяснения – модуль стока в нижнем пункте более чем в 51 раз больше, чем в верхнем. Это связано с тем, что река в нижнем течении утратила свои естественные черты: сток во времени практически не меняется т.к. его объем, а также термический режим и химический состав воды в основном контролируются сбросами воды из системы охлаждения турбин ВТЭЦ-2 [23].

Воды исследуемых рек нейтральные или слабощелочные: величины рН в них составляют 6.4–7.7. В верховьях всех пяти рек воды низко минерализованные с близкими значениями концентраций хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов, с незначительным преобладанием одного из анионов, а среди катионов доминируют натрий и кальций. В нижнем течении всех изученных рек их воды приобретают гидрокарбонатно-кальциевый состав, характерный для рек региона [24]. Исключением является р. Объяснения, в низовьях которой воды становятся хлоридно-натриевыми.

Температура воды в нижних пунктах существенно выше температуры в верхних. Особенно выделяется р. Объяснения: в низовьях 21.2 °С против 9.7 °С в верховьях за счет сброса нагретой воды из системы охлаждения ВТЭЦ-2. Для р. Седанка различия температуры между верхним и нижним пунктом отбора проб незначительны (табл. 2).

Концентрации и степень насыщения воды растворенным кислородом в водных экосистемах являются важными показателями экологического благополучия. Поскольку растворимость кислорода сильно зависит от температуры воды, более объективным показателем является не концентрация растворенного кислорода, а именно степень насыщения кислородом (O_2 , %), показывающая, насколько вода обогащена или обеднена им относительно полного насыщения при данной температуре [25]. Для верховий всех пяти рек характерно относительно высокое содержание кислорода (табл. 2). В низовьях наблюдаются резкие различия. Наименьшим насыщением кислородом характеризуются низовья р. Первая Речка (68.5 %), воды которой имеют серый цвет и запах нефтепродуктов. Насыщенность кислородом воды низовьев р. Черная Речка достигает 76.7 %. Ее воды не имеют цвета, но отличаются сильным гнилостным запахом. Более высокие концентрации кислорода обнаружены в низовье р. Вторая Речка (85 %), при этом вода здесь имеет серо-желтый цвет и запах сероводорода. Приустьевые воды р. Седанка отличаются самым высоким насыщением кислородом (140 %).

Содержание взвешенных веществ в воде зависит не столько от антропогенной нагрузки на водосбор, сколько от состава слагающих его горных пород. Наибольшая концентрация взвеси была отмечена в верхнем течении р. Объяснения, что, по-видимому, связано с высоким содержанием глинистого и суглинистого материала в подстилающих породах, активным оврагообразованием на фоне общей нарушенности естественного почвенного покрова. В остальных реках, дренирующих урбанизированные территории, содержание взвеси колебалось в пределах 6.4–14.5 мг/л. Количество взвеси в реках, относительно мало подверженных урбанизации, не превышает 3.5 мг/л. Наблюдается уменьшение содержания взвеси в водотоках по длине – от верхних створов к нижним. Это может быть связано как с незавершенным руслоформированием и активной эрозией склонов в верховьях исследуемых рек, так и общим сокращением источников поступления взвешенного вещества в их среднем и нижнем течении при строительстве искусственных твердых покрытий и бетонных ограждений вдоль русел.

Таблица 2

Основные физико-химические и органолептические показатели вод изученных рек
Table 2. Main physical-chemical and organoleptic characteristics of the waters of the rivers studied

№ участка	УЭП, мкС/см	М, мг/л	Т, °С	рН	Запах	ВВ, мг/л	О ₂ , мг/л	О ₂ , %
О-1	307	188.3	9.7	6.7	Без запаха	89.2	<u>12.1–13.2</u> 12.5(3)	<u>99–107.9</u> 102.4(3)
О-2	–	54845	21.2	7.7	Гнилостный, сероводородный, сильный	8.6	<u>0.85–0.98</u> 0.92(3)	<u>95.8–100.2</u> 98.1(3)
Р-3	158	99.0	10.6	7.3	Без запаха	14.5	<u>11.7–13.5</u> 12.5(3)	<u>96.4–111.6</u> 103.3(3)
Р-4	440	316.4	15.7	6.9	Нефтяной, сильный	6.4	<u>6.0–9.0</u> 7.5(3)	<u>54.7–81.3</u> 68.5(3)
У-5	56	35.1	9.5	6.9	Без запаха	13.6	<u>13.3–15.5</u> 14.2(3)	<u>109.3–127.2</u> 116.6(3)
У-6	330	234.4	18.8	7.0	Гнилостный, сероводородный, отчетливый	3.4	<u>9.1–9.3</u> 9.2(3)	<u>84.5–86.0</u> 85.0(3)
С-7	52	38.9	7.5	6.4	Без запаха	2.8	<u>13.1–15.3</u> 14.2(3)	<u>105.4–122.5</u> 113.6(3)
С-8	206	185.6	7.1	7.7	Гнилостный, легкий	2.6	<u>12.7–18.5</u> 15.7(3)	<u>113.8–164.4</u> 140(3)
С-9	111	85.9	6.5	6.9	Без запаха	3.2	<u>10.0–13.8</u> 11.4(3)	<u>81.9–109.4</u> 90(3)
С-10	180	156.9	8.5	6.9	Гнилостный, сероводородный, сильный	2.4	<u>8.8–9.2</u> 9.0(3)	<u>75.2–78.2</u> 76.7(3)

Примечание: УЭП – удельная электропроводимость воды; М – минерализация воды; ВВ – взвешенное вещество; прочерк означает, что величина не определялась; в скобках указано количество опробований.

Минерализация исследуемых вод изменяется в широких пределах и отличается минимальными величинами в верховьях р. Вторая Речка и р. Седанка и экстремально высоким значением в низовьях р. Объяснения (табл. 3), что связано со сбросом в реку морской воды. О присутствии здесь морской воды свидетельствуют и другие показатели макро состава: концентрации Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} и особенно Cl^- , благодаря которым она приобретает не характерный для пресных вод хлоридно-натриевый состав.

Содержание РОУ, как суммарного показателя концентрации растворенных органических веществ, в водах «условно чистых» участков верховьев рек изменялось в интервале от 1.5 до 2.2 мг/л, возрастая в низовьях до 2.8–3.9 мг/л (табл. 3). Эти диапазоны концентраций близки к данным, полученным в межень 2011 г. (декабрь) для рек Объяснения, Первая Речка, Вторая Речка, Черная Речка и Седанка.

Однако следует подчеркнуть, что в декабре 2011 г. в низовье р. Вторая Речка концентрации РОУ в воде были повышены ниже моста по ул. 100-летия Владивостоку и в устье: 4.4 мг/л и 14.9 мг/л соответственно [26]. Данный факт можно объяснить эффектом работы очистных сооружений, введенных в действие в период с 2012 по 2015 г.

Концентрация нитратов в верховьях рек Первая Речка и Вторая Речка сопоставима с их содержанием в воде «условно чистых» участков. В нижних течениях его содержание в 2–6 раза выше. Необходимо отметить, что в верхнем течении р. Объяснения (выше ТЭЦ) концентрация нитратов самая высокая и в 1.5 раза выше, чем в водах низовьев остальных рек. Концентрации нитритов в поверхностных водах незагрязненных рек не превышают сотых долей мг/л [25]. Высокие содержания нитритов отмечены в нижнем течении рек

Первая Речка (1.28 мг/л), Вторая Речка (0.89 мг/л) и Седанка (0.07 мг/л), что подтверждает биогенное загрязнение этих рек. На остальных исследуемых участках рек содержание нитритов ниже 0.01 мг/л.

Об уровнях загрязнения водотоков и интенсивности антропогенного воздействия на них свидетельствуют данные о содержании общего растворенного фосфора (ОРФ). Как видно, они подтверждают отмеченную ранее наибольшую загрязненность низовий трех рек: Вторая Речка, Первая Речка и Черная Речка, а также повышенную – в реке Объяснения (табл. 3). В остальных пунктах отбора диапазон концентраций ОРФ лежит в пределах 2–10 мкг/л. Содержание ОРФ в верховьях рек сопоставимо с данными, приведенными по минеральному фосфору для заповедных рек Хабаровского края [14]. Концентрации фосфора в водах низовий рек г. Владивосток сравнимы с городскими реками г. Хабаровск, опробованными в зимний период [14].

Содержание металлов в изучаемых реках свидетельствует о природных, антропогенных и техногенных факторах, воздействующих на водную среду. Для концентрации растворенных форм металлов (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cd) (табл. 4) наблюдается та же пространственная зависимость, что и для биогенных элементов – увеличение концентраций от верхних участков к нижним. К природным процессам, обуславливающим поступление соединений железа в поверхностные воды, относятся процессы химического выветривания горных пород [27]. Анализ полученных данных показывает, что содержание растворенного железа в водотоках, относительно слабо преобразованных человеком (низовья рек Седанка и Черная Речка), в 2–4 раза выше по сравнению с реками, дренирующими городскую территорию.

Содержание растворенного марганца в «условно чистых» реках Седанка и Черная Речка не превышает 3 мкг/л. Содержание марганца, возрастающее в восстановительных условиях, прямо связано с концентрацией растворенного кислорода: чем оно ниже (например, низовья р. Первая Речка), тем концентрация марганца выше. Это наблюдение подтверждают также данные для низовий р. Черная Речка (табл. 2, 4).

В остальных точках отбора содержание марганца в 3–10 раз выше по сравнению с «условно чистыми» участками и сопоставимо или выше ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Таким образом, выявлено превышение ПДК по Mn в низовьях рек Седанка, Вторая Речка, Черная Речка и Первая Речка на уровне 2 ПДК, 3 ПДК, 10 ПДК и 16 ПДК соответственно. В целом концентрации растворенного железа и марганца в исследованных речных водах сопоставимы с данными, полученными ранее для относительно чистых, а также городских рек Приморья [24, 28, 29].

Таблица 3

Гидрохимические показатели вод изученных рек

Table 3. Chemical features of the waters of the studied rivers

№ участка	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	POУ	Р общ.
	мг/л									
О-1	15.7	1.4	17.9	7.3	31.1	59.9	32.2	22.8	2.2	0.004
О-2	8029	220	645	1156	134.2	5160	39500	–	2.8	0.059
Р-3	7.9	1.2	12.1	3.3	36.0	23.3	13.2	2.0	1.3	0.002
Р-4	23.7	2.9	37.6	7.9	119.1	68.0	44.5	12.7	3.9	0.164
V-5	3.4	0.6	3.4	1.1	11.7	6.9	5.8	2.2	1.3	0.004
V-6	18.2	2.2	29.5	6.9	91.3	38.5	33.7	14.1	3.8	0.291
S-7	3.7	0.3	3.6	1.1	15.1	6.1	6.1	2.9	1.4	0.003
S-8	15.1	1.5	22.6	5.4	80.5	25.4	22.5	12.6	2.3	0.010
С-9	7.2	0.8	10.3	3.1	27.8	10.8	22.7	3.2	1.4	0.004
С-10	11.8	1.3	20.3	4.9	73.7	21.0	17.8	6.1	2.5	0.140

Примечание: прочерк означает, что значение не определялось.

Содержание растворенных форм металлов в водах изученных рек (мкг/л)

Table 4. Concentrations of dissolved forms of metals in the sampling sites of the studied rivers ($\mu\text{g/l}$)

№ участка	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
O-1	7.8	8.4	1.2	0.09	0.39	0.14	1.20
O-2	4.6	14.3	3.4	0.92	0.93	0.37	2.98
P-3	5.6	11.5	1.5	0.18	0.35	0.09	1.28
P-4	11.9	165.4	3.6	1.42	1.2	0.42	3.06
V-5	12.5	30.2	2.3	<0.05	0.6	0.17	2.38
V-6	17.7	37.2	11.0	4.16	0.64	0.22	4.96
S-7	11.0	1.6	0.9	0.09	0.06	0.04	0.21
S-8	60.1	24.4	2.1	1.15	0.62	0.16	1.24
C-9	8.0	2.6	0.8	<0.05	0.05	0.04	0.99
C-10	28.9	102.8	1.5	0.55	0.92	0.40	1.11
ПДК [30]	100	10	10	1	6	5	10

Концентрация растворенного цинка в водотоках мало изменчива и невелика (< 10 мкг/л), только в нижнем течении р. Вторая Речка она достигает 11 мкг/л, увеличиваясь в 5 раз относительно верховья. Содержание растворенной меди в верховьях всех рек не превышает 0.1 мкг/л. В низовьях оно повышается на порядок, а в нижнем течении р. Вторая Речка концентрация меди возрастает в 40 раз. Максимальные концентрации цинка и меди в водах низовья р. Вторая Речка превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения [30], что свидетельствует о техногенном загрязнении вод реки.

Концентрации никеля, кадмия и свинца, источником которых в пределах городских агломераций являются промышленные предприятия (в том числе машиностроительные, имеющие гальванические участки [28]), в исследуемых реках не достигают ПДК, но выявляют загрязненные участки относительно фоновых. В р. Объяснения и р. Первая Речка концентрации свинца и кадмия повышаются от верховьев к устью в 2–4 раза, для вод р. Седанка и р. Черная Речка они возрастают в 4–10 раз. В водах р. Вторая Речка концентрации этих металлов близки, что, возможно, связано с более плотной застройкой водосбора. Изменение содержания никеля по длине исследуемых рек повторяет картину распределения кадмия и свинца. Максимальным содержанием никеля отличается приустьевой участок р. Вторая Речка (табл. 4). Повышенные содержания кадмия и свинца отмечены в низовьях рек Первая Речка, Объяснения и Черная Речка. Различия в концентрациях рассматриваемых элементов в водотоках свидетельствуют о качественно различном характере техногенного воздействия на эти реки.

Полученные данные о химическом составе основных рек г. Владивосток свидетельствуют об улучшении их геоэкологического состояния по сравнению с периодом 1999–2011 гг. [24, 31], что может быть связано с вводом городских очистных сооружений в 2012–2015 гг. За 10–12 лет в водах р. Вторая Речка произошло снижение концентраций общего растворенного фосфора на порядок, РОУ – в 4 раза, а растворенных форм железа, марганца и цинка – в 2 раза [26, 31]. В р. Объяснения выявлено снижение содержания фосфора, растворенных форм железа и марганца. За этот же период в устье р. Первая Речка отмечено увеличение содержания ряда растворенных веществ.

Заключение

В границах развивающейся Владивостокской агломерации отмечены как крайне загрязненные, так и сравнительно чистые участки рек, что связано с различной степенью (длительностью) хозяйственного преобразования их водосборов. Полученные

данные подтверждают тот факт, что в результате урбанизации речные воды испытывают существенные изменения гидрологических и гидрохимических характеристик.

В реках с наименее освоенными под городскую застройку водосборами модули стока возрастают от верховьев к низовьям в несколько раз (р. Черная Речка). В процессе урбанизации строительство участков с водонепроницаемым покрытием, системы ливневой канализации, бетонных лотков и стенок в руслах водотоков, котлованов и прудов-отстойников и др. изменяет условия стокоформирования в противоположных направлениях – потери стока могут как увеличиваться, так и снижаться. В частности, удельный сток р. Первая Речка от верховьев к устью снижается почти в 10 раз, предположительно, благодаря общему сокращению стокоформирующей площади водосбора. Удельный сток р. Седанка фактически не изменяется за счет регулирующего влияния Пионерского водохранилища. Модуль стока р. Вторая Речка в нижнем пункте наблюдений оказался на порядок выше по сравнению с верхним, что, вероятно, связано с дополнительным боковым притоком коллекторных ливневых вод и стока дождевых вод с участков с водоупорной поверхностью. Нижний участок р. Объяснения превращен в коллектор морских растепленных вод, непрерывно сбрасываемых из системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2, в связи с чем удельный сток воды в устьевом участке реки более чем в 50 раз превышает таковой для ее верховьев.

От верхних участков рек к нижним наблюдается общее увеличение загрязнения воды. По диапазону изменения температуры воды между верхними и нижними пунктами отбора реки можно распределить в убывающем порядке следующим образом: Объяснения > Вторая Речка > Первая Речка > Черная Речка > Седанка. По насыщенности кислородом наиболее ярко различаются низовья изученных рек. Наименее насыщены им воды рек Первая Речка, Черная Речка и Вторая Речка. Содержание нитритов, фосфора и других биогенных компонентов в низовьях давно освоенных рек (Объяснения, Первая Речка, Вторая Речка) не достигает ПДК, при этом в водах всех рек оно многократно повышается от верховьев к устью. Концентрации металлов во всех пробах соответствуют величинам, установленным ранее для рек Приморского края. Однако выявлено превышение ПДК (для водоемов рыбохозяйственного значения) по Си в низовьях рек Первая Речка и Вторая Речка в 1.5 и 4 раза соответственно. Установлено превышение ПДК по Mn в низовьях рек Седанка, Вторая Речка, Черная Речка и Первая Речка на уровне от 2 до 16 ПДК.

На основании сравнения с данными прошлых лет подтверждается вывод об устойчивом загрязнении вод Первой Речки и Второй Речки, а также о существенной трансформации вод р. Объяснения.

Важно подчеркнуть, что знания о гидрологических процессах на реках п-ова Муравьев-Амурский отрывочны и носят не систематический характер. Необходимы дальнейшие исследования сезонной и многолетней динамики стока, температуры воды, взвешенных и растворенных веществ в водах тестовых (модельных) рек, в различной степени подверженных урбанизации. Необходимы дальнейшие комплексные исследования состояния городских и пригородных речных геосистем для выявления рек, которые наиболее трансформированы и восстановление которых требует стратегического планирования, взвешенных управленческих решений и инвестиций в развитие здоровой городской среды.

Благодарности. Работа выполнена по теме государственного задания «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша–океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (125021302113-3).

Acknowledgments. The work was carried out on the topic of the state assignment “Natural and anthropogenic dynamics, transformation and evolution of different-rank geosystems and their components in the transition zone “land-ocean” in the context of increasing natural and man-made risks; development of methods and geoinformation technologies for their monitoring and modeling” (125021302113-3).

Литература

1. Booth D.B., Roy A.H., Smith B., Capps K.A. Global perspectives on the urban stream syndrome // *Freshwater Science*. 2015. Vol. 35, N 1. P. 412–420.
2. Shahadi T.D. Degradation and Improvement of Urban River Water Quality // *Water Quality – Factors and Impacts*. London: IntechOpen, 2021. P. 1–22. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.Intechopen.com/chapters/77293> (дата обращения: 08.04.2024).
3. Zerega A., Simões N.E., Feio M.J. How to improve the biological quality of urban streams? Reviewing the effect of hydromorphological alterations and rehabilitation measures on benthic invertebrates // *Water*. 2021. Vol. 13, N 2087. P. 1–13.
4. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Христофорова Н.К., Дроздов К.А., Шапов В.В., Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Ковкековдова Л.Т., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Бортин Н.Н., Горчаков А.М. Проблемы экологического состояния урбанизированных водотоков на территории Владивостокской городской агломерации // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*. 2023. № 10. С. 55–66.
5. Booth D.B. Urbanization and the natural drainage system – impacts, solutions, and prognoses // *Northwest Environmental J*. 1991. N 7. P. 93–118.
6. Meyer J., Paul M., Taulbee W. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes // *J. of the North American Benthological Society*. 2005. N 24. P. 602–612.
7. Kehoe L.J., Lund J., Chalifour L., Asadian Ye., Balke E., Boyd S., Carlson D., Casey J.M., Connors B., Cryer N., Drever M.C., Hinch S.G., Levings C., MacDuffee M., McGregor H., Richardson J., Scott D.C., Stewart D., Vennesland R.G., Wilkinson C.E., Zevit P., Baum J.K., Marti T.G. Conservation in heavily urbanized biodiverse regions requires urgent management action and attention to governance // *Conservation Science and Practice*. 2020. N 3. P. 1–15.
8. Walsh C.J., Roy A.H., Feminella J.W., Cottingham P.D., Groffman P.M., Morgan R.P. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search for a Cure // *Journal of the North American Benthological Society*. 2005. N 24. P. 706–723.
9. Беркович К.М., Сидорчук А.Ю. Устойчивость русел рек Европейской России и ее оценка в связи с антропогенными нагрузками на реки и их бассейны // *Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия*. М.: Изд-во Моск.ун-та, 1996. С. 77–87.
10. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Аналитический обзор. Серия Экология. Вып. 64. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. 114 с.
11. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды. М.: Наука, 2010. 268 с.
12. Усманова Л.И. Характеристика химического состава речных вод на территории и в окрестностях города Читы // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 7. С. 200–208.
13. Сабылина А.В., Ефремова Т.А., Икко О.И. Химический состав поверхностных сточных и речных вод, поступающих с территории города Петрозаводска в Онежское озеро // *Известия РГО*. 2022. № 4. С. 39–53.
14. Шестеркин В.П., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М. Особенности качества воды малых рек Хабаровска в зимний период // *Геозекология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология*. 2019. № 3. С. 42–51.
15. Шестеркин В.П., Синькова И.С., Шестеркина Н.М. Солевой состав вод малых рек центральной части Хабаровска в период весеннего половодья // *Региональные проблемы*. 2022. Т. 25, № 3. С. 60–62.
16. Ксенофонтова М.И., Легостаева Я.Б., Ябловская П.Е., Трофимова Л.Н. Характеристика химического состава вод и донных отложений крупных водоемов г. Якутска // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2013. № 4. С. 493–500.
17. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Клышевская С.В., Дроздов К.А., Жарикова Е.А. Проблемы загрязнения водотоков урбанизированных территорий и пути их решения на примере реки Вторая Речка (Владивосток, Приморский край) // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*. 2021. № 9. С. 43–59.
18. Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Попова А.Д., Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Иваненко Н.В. Экологическое состояние вод, донных осадков и почв долины р. Вторая Речка (по химическим и микробиологическим показателям) // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*. 2021. № 9. С. 71–76.
19. Тащи С.М., Мясников Е.А. Геолого-геоморфологические системы территории агломерации Владивосток–Артем: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. 181 с.
20. Chelation / Solvent Extraction System for the determination of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn in natural waters. Applied Geochemistry Research Group. Technical Communication. L.: Imperial College of Science and Technology, 1975. Vol. 62. P. 1–24.
21. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М., 2004. 36 с.
22. Гарцман Б.И. Дождевые паводки на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска. Владивосток: Дальнаука, 2008. 223 с.
23. Бортин Н.Н., Горчаков А.М. Трансформация гидрологического и термического режимов р. Объяснения и бухты Золотой Рог в результате сброса морской воды с Владивостокской ТЭЦ-2 // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2023. № 5. С. 54–70.
24. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности химического состава воды и взвесей рек Приморья (Дальний Восток России) // *Тихоокеанская геология*. 2011. Т. 30, № 2. С. 102–119.

25. Алевкин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1953. 296 с.
26. Луценко Т.Н. Вынос органического углерода в прибрежные воды полуострова Муравьева-Амурского // Устойчивое природопользование в прибрежно-морских зонах. 2013. С. 286–289.
27. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 272 с.
28. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Киселев В.И. Металлы в речных водах Приморского края // Геохимия. 2007. № 1. С. 79–88.
29. Кожевникова Н.К., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Шамов В.В., Еловский Е.В., Касуров Д.А. Микроэлементы в речных водах горно-лесных бассейнов (Юг Дальнего Востока России) // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 6. С. 190–205.
30. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=lvq2vx7kd1823773583> (дата обращения: 10.03.2024).
31. Юрченко С.Г. Миграция химических элементов в водных объектах с различной антропогенной нагрузкой: юг Дальнего Востока России: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Владивосток, 2004. 22 с.

References

1. Booth, D.B.; Roy, A.H.; Smith, B.; Capps, K.A. Global perspectives on the urban stream syndrome. *Freshwater Science*. 2015, 35 (1), 412–420.
2. Shahadi, T.D. Degradation and improvement of urban river water quality. In *Water Quality – Factors and Impacts*; IntechOpen: London, UK, 2021, 1–22. Available online: <https://www.intechopen.com/chapters/77293> (accessed on 08.04.2024).
3. Zerega, A.; Simões, N.E.; Feio, M.J. How to improve the biological quality of urban streams? Reviewing the effect of hydromorphological alterations and rehabilitation measures on benthic invertebrates. *Water*. 2021, 13(2087), 1–13.
4. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Khristoforova, N.K.; Drozdov, K.A.; Shamov, V.V.; Zharikova, E.A.; Klyshevskaya, S.V.; Kovekovdova, L.T.; Yurchenko, S.G.; Boldeskul, A.G.; Lutzenko, T.N.; Lupakov, S.Yu.; Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M. In *Problems of the ecological state of urbanized streams in the territory of the Vladivostok city agglomeration*. Proceedings of the V.Ya. Lavanidov's Memorial Meetings. 2023, 10, 55–66. (In Russian)
5. Booth, D.B. Urbanization and the natural drainage system—impacts, solutions, and prognoses. *Northwest Environmental Journal*. 1991, 7, 93–118.
6. Meyer, J.; Paul, M.; Taulbee, W. Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of the North American Benthological Society*. 2005, 24, 602–612.
7. Kehoe, L.J.; Lund, J.; Chalifour, L.; Asadian, Ye.; Balke, E.; Boyd, S.; Carlson, D.; Casey, J.M.; Connors, B.; Cryer, N.; Drever, M.C.; Hinch, S.G.; Levings, C.; MacDuffee, M.; McGregor, H.; Richardson, J.; Scott, D.C.; Stewart, D.; Vennesland, R.G.; Wilkinson, C.E.; Zevit, P.; Baum, J.K.; Marti, T.G. Conservation in heavily urbanized biodiverse regions requires urgent management action and attention to governance. *Conservation Science and Practice*. 2020, 1–15.
8. Walsh, C.J.; Roy, A.H.; Feminella, J.W.; Cottingham, P.D.; Groffman, P.M.; Morgan, R.P. The Urban Stream Syndrome: Current Knowledge and the Search for a Cure. *Journal of the North American Benthological Society*. 2005, 24, 706–723.
9. Berkovich, K.M.; Sidorchuk, A.Yu. Stability of river channels of European Russia and its assessment in connection with anthropogenic impacts on rivers and their basins. In *Problems of environmental tension assessment of the European Territory of Russia: factors, zoning, consequences*. MGU: Moscow, Russia, 1996, 77–88. (In Russian)
10. Tkachev, B.P.; Bulatov, V.I. Small rivers: current state and environmental problems. Analytical review. Series Ecology, 64. SPSTL SB RAS: Novosibirsk, Russia, 2002; 114 p. (In Russian)
11. Moiseenko, T.I.; Gashkina, N.A. Formation of chemical composition of lakes under conditions of environmental change. Nauka: Moscow, Russia, 2010; 268 p. (In Russian)
12. Usmanova, L.I. Characteristics of the chemical composition of river waters in and around the city of Chita. *Successes of modern natural science*. 2018, 7, 200–208. (In Russian)
13. Sabylina, A.V.; Efremova, T.A.; Ikko, O.I. Chemical composition of surface drainage and river waters coming from the area of the Petrozavodsk city to the Onego lake. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2022, 4, 39–53. (In Russian)
14. Shesterkin, V.P.; Afanas'eva, M.I.; Shesterkina, N.M. Features of the water quality in small rivers of Khabarovsk in winter season. *Geoekologiya. Inzheneraya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2019, 3, 42–51. (In Russian)
15. Shesterkin, V.P.; Sinkova, I.S.; Shesterkina, N.M. Salt composition in waters of the Khabarovsk central part small rivers during spring flood. *Regional problems*. 2022, 25 (3), 60–62. (In Russian)
16. Ksenofontova, M.I.; Legocnaeva, Ya.B.; Yablovskaya, P.E.; Trofimova, L.M. Characteristics of the chemical composition of waters and bottom sediments of large reservoirs in Yakutsk. *Current problems of the human and natural sciences*. 2013, 4, 493–500. (In Russian)

17. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Klyshevskaya, S.V.; Drozdov, K.A.; Zharikova, E.A. Problems of stream pollution located in urbanized territories and ways of solution on the Vtoraya Rechka River example (Vladivostok, Primorye Territory). In *Proceedings of the Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*; FSCBEA FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2021, 43–59. (In Russian)
18. Zharikova, E.A.; Klyshevskaya, S.V.; Popova, A.D.; Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Ivanenko, N. Vol. Ecological state of the waters, bottom sediments and soils of the river valley the Vtoraya Rechka River (according to chemical and microbiological indicators). In *Proceedings of the Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*. FSCBEA FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2021, 71–76. (In Russian)
19. Tashchi, S.M.; Myasnikov, E.A. Geological-geomorphological systems of Vladivostok–Artem agglomeration territory. FESTU publishers: Vladivostok, Russia, 2003; 181 p. (In Russian)
20. Chelation / Solvent Extraction System for the determination of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn in natural waters. In *Applied Geochemistry Research Group. Technical Communication, 62*. Imperial College of Science and Technology: London, UK, 1975, 1–24.
21. Construction requirements 33-101-2003. Calculation of basic hydrological characteristics. Moscow, 2004; 36 p. (In Russian)
22. Gartsman, B.I. Rain floods on rivers methods of calculation, forecasts, and risk assessments. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008; 223 p. (In Russian)
23. Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M. Transformation of the hydrological and thermal regimes of the Obyasneniya River and the Zolotoy Rog Bay resulted from seawater discharge from the Vladivostok CHPP-2. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023, 5, 54–70. (In Russian)
24. Chudaeva, V.A.; Chudaev, O. Vol. Specific features of chemical composition of the water and suspended matter of the Primorye rivers (Far East Russia). *Russian Journal of Pacific Geology*, 2011, 30 (2), 102–119. (In Russian)
25. Alyokin, O.A. Basics of hydrochemistry. Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1953; 296 p. (In Russian)
26. Lutsenko, T.N. Flow of organic carbon into the coastal waters of the Muravyov-Amursky Peninsula. In *Sustainable nature management in coastal-marine zones*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2013, 286–289. (In Russian)
27. Linnik, P.N.; Nabivanets, B.I. Forms of metals migration in fresh surface water. Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1986; 272 p. (In Russian)
28. Shulkin, V.M.; Bogdanova, N.N.; Kiselev, V.I. Metals in the river waters of Primorye. *Geochemistry International*. 2007, 45 (1), 70–79.
29. Kozhevnikova, N.K.; Boldeskul, A.G.; Lutsenko, T.N.; Shamov, V.V.; Elovskiy, E.V.; Kasurov, D.A. Microelements in river water of mountain-forest basins (Southern Russian Far East). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2022, 333 (6), 190–205. (In Russian)
30. Order of the Ministry of Agriculture of Russia. December 13, 2016, No 552 “On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance”. Available online: <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=lvq2vx7kd1823773583> (accessed on 10.03.2024). (In Russian)
31. Yurchenko, S.G. Migration of chemical elements in water bodies with different anthropogenic load: south of the Far East of Russia. Synopsis of Thesis Deg. Cand. Geogr. Sci. Pacific Geographical Institute FEB RAS: Vladivostok, Russia, 2004; 22 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 15.10.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 9.12.2024.

The article was submitted 15.10.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 9.12.2024.



Изменение приповерхностной температуры Дальневосточного региона по данным реанализа ERA5 за 1940–2023 гг. и моделям CMIP6 до 2099 г.

Илья Викторович СЕРЫХ¹,
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
iserykh@ocean.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2435-7886>

Ольга Олеговна ТРУСЕНКОВА²
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
trolia@poi.dvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6756-5354>

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Выполнена оценка возможных изменений среднегодовой приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в Дальневосточном регионе, включающем территорию и окраинные моря России, а также северо-западную часть Тихого океана, до 2099 г., для чего используются осредненные по ансамблю данные 33 моделей проекта CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), полученные в рамках четырех сценариев, отвечающих разным уровням антропогенного радиационного форсинга (слабого, умеренного и значительного). Анализируются различия между осредненными за 30-летние периоды аномалиями ПТВ. Для верификации модельных результатов проанализировано потепление, произошедшее в регионе с 1940–1969 до 1994–2023 гг., для чего использованы данные реанализа ERA5 и эксперимента Historical CMIP6. По обоим видам данных средняя ПТВ в регионе выросла на 1.1 °C: с 1940–1969 к 1994–2023 гг.; это сходство обосновывает оценки будущих изменений ПТВ по моделям CMIP6. Все сценарии SSP (Shared Socio-economic Pathways) будущего радиационного форсинга показывают приблизительно одинаковое повышение ПТВ с 1994–2023 по 2024–2053 гг., оно составляет в среднем по региону 1.2–1.5 °C. К 2070–2099 гг. средняя ПТВ в рассматриваемом регионе возрастет соответственно темпу эмиссии парниковых газов – на 1.7, 2.7, 3.8 и 4.8 °C. Как показывают данные реанализа ERA5, от 1940–1969 к 1994–2023 гг. увеличение ПТВ над морскими акваториями региона происходило весьма неравномерно: наибольшие темпы наблюдались в северной части Охотского моря (до 2 °C и более) и в прибрежных районах северо-западной части Берингова моря (до 1.0–1.2 °C). Увеличение ПТВ ослабевало в направлении с северо-запада на юго-восток, т.е. с удалением от суши, и составило 0.2–0.6 °C в северо-западной части Тихого океана. Картина потепления над морскими акваториями по данным CMIP6 выражена сильнее, чем по данным реанализа ERA5, но при этом качественно им соответствует.

Ключевые слова: северо-западная часть Тихого океана, Японское море, Охотское море, Берингово море, изменение климата, модели CMIP6

Для цитирования: 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. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_4.

Change in surface air temperature in the Northeast Asia and Northwest Pacific from ERA5 reanalysis for 1940–2023 and CMIP6 models until 2099

Ilya V. SERYKH¹,

Candidate of Physico-mathematical Sciences, Senior research associate
iserykh@ocean.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2435-7886>

Olga O. TRUSENKOVA²

Candidate of Technical Sciences, Leading research associate
trolia@poi.dvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6756-5354>

¹Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. An assessment of possible changes in the annual mean surface air temperature (SAT) in the Far East Region (35°–65° N, 130°–180° E) is made from the present to 2099, using ensemble-averaged data from 33 CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) models obtained within the framework of four scenarios corresponding to the weak, moderate, or significant anthropogenic radiative forcing resulting from CO₂ emissions. To elucidate long-term climate change, SAT averaged for 30-year periods, namely, 1994–2023, 2024–2053 and 2070–2099 are analyzed. To verify the model results, the warming that occurred in the region from the mid-20th century (1940–1969) to the early 21st century (1994–2023) is analyzed, using ERA5 data with the fine spatial resolution of 0.25°, and CMIP6 data with the coarser resolution, mostly 1.0°–2.0°. According to both data types, the regional SAT increased, on average by 1.1 °C from 1940–1969 to 1994–2023, justifying the use of forecast estimates based on the CMIP6 models in this work. All scenarios of possible radiative forcing show the similar SAT increase from the 1994–2023 to 2024–2053, on average 1.2–1.5 °C. On the contrary, by the 2070–2099, the regional SAT will increase in accordance with the emission rates on average by 1.7, 2.7, 3.8 and 4.8 °C, respectively. As for the Russian Far East land area, ERA5 and CMIP6 show similar spatial warming patterns, with the warming, on average, of 1.2 °C from 1940–1969 to 1994–2023, i.e. higher than that for the entire considered region including marine areas. From 1940–1969 to 1994–2023 negative annual mean SAT changed to positive one in some areas of the Primorsky, Khabarovsk and Kamchatksky provinces, implying the permafrost melting. According to the CMIP6 models, the land warming of 2.0–2.1 °C, 3.0–3.5 °C, 4.7–5.3 °C, and 6.1–6.6 °C is expected by the end of the 21st century for the scenarios with the different levels of radiative forcing. As shown by the ERA5 data, the SAT increase from 1940–1969 to 1994–2023 was very uneven for the marine areas: the highest rates were observed in the northern Okhotsk Sea (up to 2 °C and more) and in the coastal northwestern Bering Sea (up to 1.0–1.2 °C), which can be explained by the ice cover decrease. The SAT increase weakened in the direction from the northwest to southeast, i.e. with the distance from the land, and amounted to only 0.2–0.6 °C in the northwestern Pacific, which can be attributed to the effect of Pacific Decadal Oscillation (PDO). The coastal Okhotsk Sea off the Sakhalin Island is the only area where SAT decreased by 0.2–0.6 °C from 1940–1969 to 1994–2023, which probably can be attributed to the changes in the East Sakhalin Current transporting Amur River water southward along the coast but this suggestion should be verified. The warming pattern over the marine areas according to CMIP6 data qualitatively corresponds to that one based on ERA5 data, keeping in mind the lower resolution of the modeled data. The warming in the Northwest Pacific from the modeled data exceeds that one from ERA5, which can be explained by elimination of the PDO effects when averaging CMIP6 multi-model data.

Keywords: Northwest Pacific, Sea of Japan, Sea of Okhotsk, Bering Sea, climate change, CMIP6 models

For citation: Serykh I.V., Trusenkova 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; (1):48–62. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_4.

Введение

Нынешние изменения климата, хотя и менее значительные, чем, например, ледниковые циклы, чрезвычайно важны из-за необходимости адаптации к ним. Для решения задачи прогноза климатических изменений как на ближайшие десятилетия, так и на срок до столетия и более в рамках Межправительственной группы экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) был собран ансамбль моделей земной системы (МЗС) [1]. МЗС включают как традиционные атмосферный и океанический блоки, так и блоки криосферы, верхнего слоя почвы и биоты, что делает их «цифровыми двойниками Земли». Благодаря этому МЗС позволяют делать физически обоснованные проекции изменений климата на десятилетия и даже столетия вперед, базирясь на различных возможных сценариях будущего социально-экономического развития человечества.

Помимо факторов естественного изменения климата, таких как изменения солнечной радиации и извержения вулканов, при прогностическом климатическом моделировании вводится антропогенный радиационный форсинг, причем в различных вариантах: слабых, умеренных или значительных выбросов парниковых газов, описывающих вероятные сценарии будущих изменений климата (Shared Socio-economic Pathways – SSPs) [2]. По изменению концентрации парниковых газов в атмосфере, поглощающих длинноволновое излучение Земли, рассчитывается дополнительный радиационный форсинг, учитываемый при моделировании (табл. 1).

Для объединения усилий разрабатывающих МЗС научных организаций под эгидой Всемирной программы исследований климата (World Climate Research Programme – WCRP) запущен проект сравнения МЗС (Coupled Model Intercomparison Project – CMIP) [3]. В настоящее время выполняется уже шестой этап этого проекта (CMIP6), в рамках которого научным сообществом предлагаются, обсуждаются и отбираются наиболее важные эксперименты, которые выполняются с МЗС участвующими в CMIP, а их результаты объединяются в однородный ансамбль для дальнейшего анализа. При достаточно большом объеме этой выборки (более 30 МЗС) такой подход позволяет подавить ошибки, неизбежно накапливающиеся в экспериментах с каждой МЗС в отдельности из-за их сложности и несовершенства аппроксимаций подсеточных процессов. Полученный опыт анализа ансамблевых результатов моделирования позволил сделать вывод об отсутствии лучшей МЗС, что объясняется разнообразием в равной степени правдоподобных подходов и аппроксимаций. При этом мультимодельный ансамблевый подход к оценке будущих изменений климата представляется наиболее надежным и обоснованным [3].

Модели CMIP6 имеют относительно невысокое пространственное разрешение (1.0–2.0°, в отдельных случаях 0.5–0.7°), что обусловлено ограниченностью вычислительных ресурсов, и это осложняет оценки региональных климатических изменений, которые могут значительно отличаться от глобальных. Региональное климатическое моделирование подразумевает использование (для отдельных областей) модели с повышенным пространственным разрешением, которая вложена в глобальную МЗС, предоставляющую для нее граничные условия. Такое моделирование уже выполнялось для разных районов северной части Тихого океана и окраинных морей юго-восточной Азии [4], но не для дальневосточной территории России. Вместе с тем размеры исследуемого региона позволяют надеяться на получение адекватных оценок климатических изменений даже по МЗС CMIP6. В «Третьем оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [5] обсуждались возможные будущие климатические изменения,

в первую очередь потепление, но Дальневосточный регион, включающий территорию и окраинные моря России, а также северо-западную часть Тихого океана, отдельно не рассматривался, что и делает актуальной решаемую в настоящей статье задачу.

Для понимания значимости возможных будущих климатических изменений их необходимо сравнить с изменениями, произошедшими за последние десятилетия. Подобные оценки уже делались для прибрежной зоны и окраинных морей России [6–8]. В частности, показано, что со второй половины 1960-х до середины 2000-х гг. температура приземного слоя воздуха над дальневосточными морями России в целом характеризуется тенденцией к увеличению со среднегодовыми значениями от 0.1 °C/10 лет в 1980-е гг. до 0.3 °C/10 лет к концу этого периода [6]. В период 1950–2020 гг. температура поверхности дальневосточных морей повышалась во все сезоны года, причем в Беринговом и Охотском морях скорость этого повышения была значительнее, чем в Японском, составляя 0.17 °C/10 лет и 0.10–0.13 °C/10 лет соответственно [6]. В северо-западной части Тихого океана линейные тренды температуры поверхности (ТПО) за период 1950–2019 гг. практически отсутствуют [7], однако в последние десятилетия (1978–2018 гг.) тренды составили в среднем 0.19 °C/10 лет и до 0.3 °C/10 лет в отдельных зонах [8].

Термические условия рассматриваемого региона связаны с естественной изменчивостью в системе океан – атмосфера, в первую очередь с такими климатическими модами, как Северотихоокеанское декадное колебание (Pacific Decadal Oscillation – PDO) [9] и Эль-Ниньо – Южное колебание (El Niño–Southern Oscillation – ENSO) [10], что влияет на величины трендов, весьма чувствительных к начальным и конечным условиям периодов оценки. Еще одним важным фактором являются сдвиги климатического режима, приводящие к резким изменениям термических и других характеристик и также влияющие на оценки трендов [11].

В связи с изложенным, целью настоящей работы является оценка возможных изменений приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) в регионе до 2099 г. по результатам климатического моделирования (в рамках проекта СМIP6) и сопоставление с надежными данными современного реанализа ERA5 в период 1940–2023 гг. Чтобы нивелировать эффект межгодовой климатической изменчивости, влияющий на оценки трендов, а также выполнить рекомендацию Всемирной метеорологической организации (ВМО) о принятии в качестве климатических норм средних значений за 30 лет, выполнено сравнение температур, осредненных за 30-летние временные промежутки. Этот прием позволяет выявить долговременные изменения, не прибегая к оценке трендов. Следует отметить, что исследование по данной методике было уже выполнено для западной части российской Арктики [12].

Материалы и методы

Для оценки возможных изменений климата рассматриваемого региона, ограниченного координатами (35–65° с. ш., 130–180° в. д.), до конца XXI в. использована ПТВ, полученная по результатам экспериментов SSP с 33 МЗС проекта СМIP6 за период 2015–2099 гг. [13]. Выбранный регион удобен для обработки данных и позволяет ограничить область суши в основном территорией России. Зона к северу от 65° с. ш. относится к восточной Арктике и планируется для отдельного рассмотрения в будущем. В качестве исследуемых вероятных социально-экономических сценариев (SSP) выбраны SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 [1], поскольку их результаты предоставило наибольшее число МЗС проекта СМIP6 (см. названия моделей в табл. 2). Эти сценарии различаются антропогенным радиационным форсингом, ориентировочные значения которого на конец XXI в. отображены в их названиях (табл. 1). Для сравнения привлекаются результаты эксперимента Historical, выполненного до 2014 г. включительно, в котором присутствует радиационный форсинг от исторических выбросов парниковых газов, антропогенных

аэрозолей, солнечной активности и крупных извержений вулканов (табл. 1). Поскольку эксперимент Historical ограничен 2014 г., он дополнен соответствующими результатами экспериментов SSP за период 2015–2099 гг., что дало для каждой из 33 МЗС 4 набора непрерывных данных за 1940–2099 гг. Отметим, что результаты для сценария SSP2-4.5 отражают продолжение текущих тенденций.

Таблица 1

Эксперименты с различными сценариями радиационного форсинга

Table 1. Experiments for different radiation forcing scenarios

Сценарий	Период, гг.	Форсинг, Вт/м ²	Краткое описание (по терминологии [1])
Historical	1850–2014	~2.1	Воспроизведение произошедших изменений климата, зафиксированных по инструментальным наблюдениям
SSP1-2.6	2015–2100	2.6	Устойчивость – «зеленый путь» (значительные возможности смягчения последствий и адаптации)
SSP2-4.5	2015–2100	4.5	Продолжение текущих тенденций – «умеренный путь» (умеренные возможности смягчения последствий и адаптации)
SSP3-7.0	2015–2100	7.0	Региональное соперничество – «каменистый путь» (незначительные возможности смягчения последствий и адаптации вследствие несогласованной политики разных стран)
SSP5-8.5	2015–2100	8.5	Продолжение социально-экономического развития на основе использования ископаемого топлива – «скоростное шоссе» (значительные сложности смягчения последствий и адаптации)

Для контроля выполнена оценка изменения ПТВ за период надежных инструментальных измерений по данным европейского реанализа ERA5 с пространственным разрешением 0.25° за 1940–2023 гг. [14], что наиболее подходит для целей работы. Также привлекались спутниковые данные NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) о ТПО северо-западной части Тихого океана, архив OISST v2 с разрешением 0.25° за 1982–2023 гг. [15].

Рассчитывались аномалии, полученные вычитанием из среднемесячных значений ПТВ среднего годового хода (нормы) в каждом узле сетки. В качестве единой для всех используемых данных нормы принят самый ранний 30-летний период, покрываемый данными OISSTv2, а именно, 1982–2011 гг. По нормативам ВМО за оперативную климатическую норму был принят период 1981–2010 гг. [16], а норма, используемая в настоящей работе, почти от нее не отличается, но более удобна с точки зрения обеспеченности данными спутниковых наблюдений. Рассчитывались среднегодовые аномалии ПТВ и ТПО, которые и рассматриваются далее. Как обсуждалось выше, оценки линейных трендов весьма чувствительны к начальным и конечным значениям временных рядов, поэтому наш анализ долгосрочных изменений климата основан на сравнении аномалий, осредненных за 30-летние периоды 1940–1969 и 1994–2023 гг., как по данным реанализа ERA5, так и по комбинации модельных результатов Historical и SSP (см. выше), а также за периоды 2024–2053 и 2070–2099 гг. по результатам МЗС в рамках сценариев SSP, сведенных в табл. 1. Модельные результаты усреднялись по всему ансамблю из 33 МЗС. Отметим, что при использовании единой нормы для всего срока разность аномалий между периодами равна разности температур. Выбранные для осреднения исторические периоды (1940–1969 и 1994–2023 гг.) не включают в себя наиболее значительные климатические сдвиги, которые произошли в рассматриваемом регионе во второй половине 1970-х и конце 1980-х гг. [11], и поэтому данные ПТВ внутри выбранных 30-летних периодов являются более стационарными, чем в другие возможные периоды, включающие в себя указанные климатические сдвиги.

В данной работе используются гидродинамические (не статистические) МЗС CMIP6, состоящие из различных блоков климатической системы. Благодаря этому существует возможность продолжить вычисления для оценки будущего состояния климата (сделать

так называемые климатические проекции) на основе задания различного внешнего воздействия (радиационного форсинга), определяемого выбранными сценариями SSP будущих изменений концентрации парниковых газов в атмосфере. Проекция – это описание того, что может произойти в будущем при различных сценариях развития человечества; она допускает значительные изменения в наборе граничных условий, которые могут на нее повлиять.

Ансамбль из рассматриваемых 33 МЗС СМIP6 позволяет оценить погрешность климатических проекций для каждого из сценариев SSP. В первые десятилетия в неопределенность климатической проекции наибольший вклад вносит естественная (внутренняя) климатическая изменчивость, в середине XXI в. наибольшую неопределенность вносит межмодельный разброс, а к концу XXI в. на ошибки сильнее всего влияют различия сценариев SSP [17, 18]. Необходимо иметь в виду, что в различных МЗС СМIP6 применяются различные методы для представления одних и тех же физических, химических и биологических процессов; способы задания глубины пограничного слоя; различаются пространственное разрешение и параметризация процессов с пространственными масштабами меньше ячейки сетки (т.н. подсеточных процессов) и др. Все это вносит существенные различия в результаты анализируемых 33 МЗС СМIP6. С большой долей вероятности можно предположить, что каждая из МЗС СМIP6 содержит собственные случайные ошибки, которые подавляются при усреднении по достаточно большому ансамблю, что обычно и делается при анализе результатов МЗС СМIP6 [1].

Результаты и обсуждение

За период 1940–2023 гг. термические условия в рассматриваемом регионе изменялись весьма значительно, как видно из графика средней по региону ПТВ (рис. 1). С начала 1940-х до середины 1980-х гг. происходило незначительное похолодание, а затем быстрое потепление, которое с непродолжительными перерывами продолжается и до настоящего времени (рис. 1, черная линия), чему соответствуют изменения ТПО северо-западной части Тихого океана (рис. 1, голубая линия); средняя ПТВ по ансамблю МЗС из эксперимента Historical демонстрирует подобные же тенденции (рис. 1, красная линия). Между 1940–1969 гг. и 1994–2023 гг. среднее увеличение ПТВ в рассматриваемом регионе составило 1.1 °C по результатам ансамбля 33 МЗС СМIP6 при стандартном отклонении 0.4 °C (табл. 2), что соответствует данным ERA5.

По данным ERA5 ПТВ демонстрирует значительную межгодовую и междесятилетнюю изменчивость (рис. 1), связанную с климатическими модами, такими как ENSO и PDO, и сдвигами климатического режима рассматриваемого региона. Напротив, при усреднении по ансамблю МЗС эта естественная климатическая изменчивость оказывается подавлена, о чем свидетельствует значительное среднеквадратичное отклонение величины аномалий по ансамблю МЗС (в среднем 0.4 °C). Тем не менее в средних ПТВ по данным ERA5 и эксперимента Historical, а также в ТПО по данным OISSTv2 воспроизводятся сдвиг климатического режима в 1989 г. и похолодание в 1992–1993 гг., связанное с произошедшим в 1991 г. извержением вулкана Пинатубо, после которого произошел обильный выброс аэрозолей в атмосферу и уменьшение потока достигающей поверхности солнечной радиации. Средняя ПТВ по эксперименту Historical воспроизводит похолодание после извержения вулкана Агунг в 1963 г., тогда как по данным ERA5 оно замаскировано интенсивной межгодовой изменчивостью, связанной с ENSO. Напротив, сдвиг климатического режима 1976–1977 гг., связанный с переходом PDO из отрицательной фазы в положительную, воспроизводится по данным реанализа ERA5, но не по МЗС.

В целом временные ряды средней ПТВ по данным ERA5 и экспериментов Historical – SSP за период 1940–2023 гг. удовлетворительно согласуются друг с другом, что позволяет рассматривать проекции по МЗС. Все сценарии SSP возможных будущих изменений ПТВ

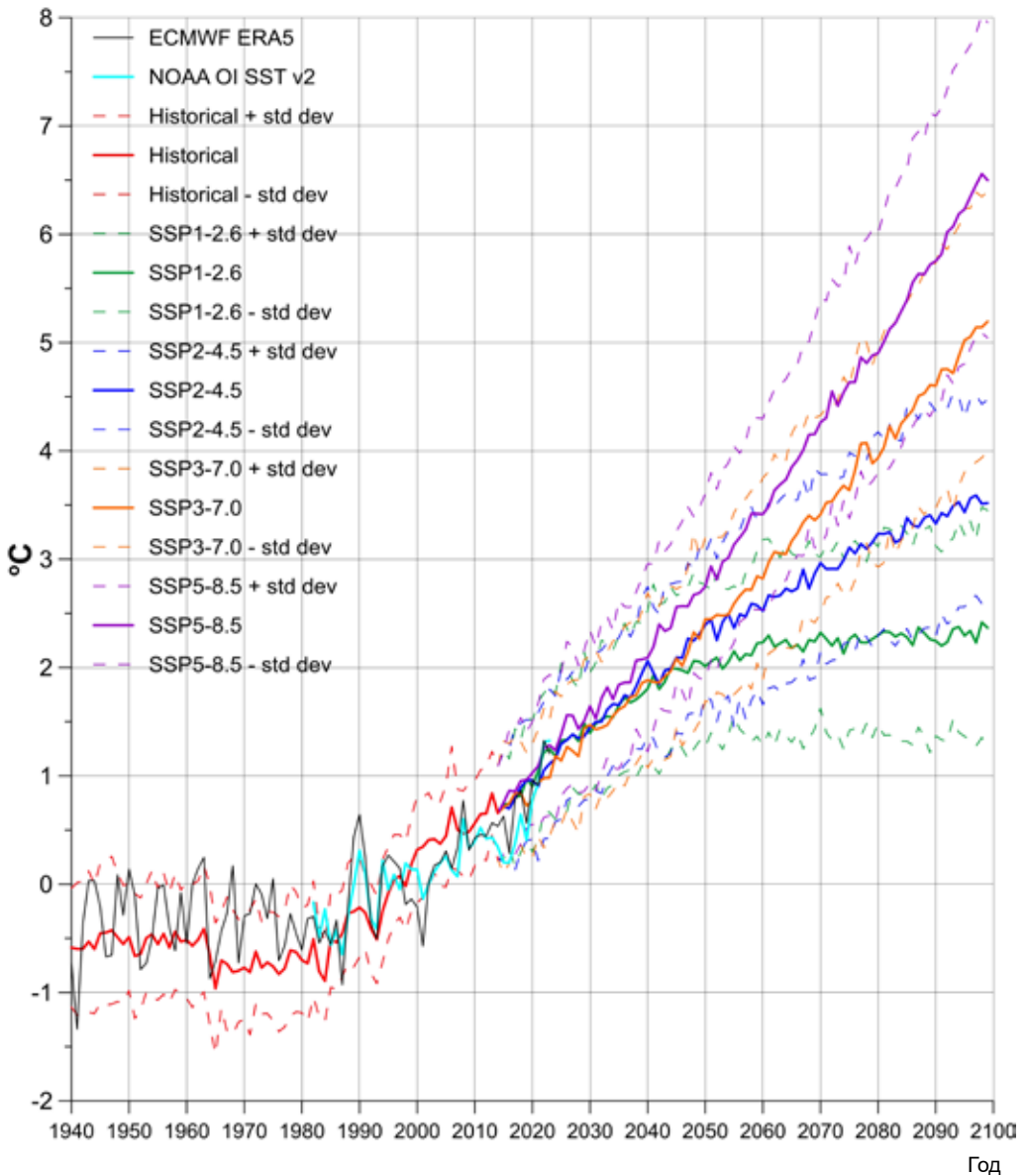


Рис. 1. Осредненные по рассматриваемому региону среднегодовые аномалии приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) по данным ERA5 за 1940–2023 гг. (черная линия) и средние по мультимодельному ансамблю CMIP6 для разных сценариев: Historical за 1940–2014 гг. (красная линия), SSP1-2.6 (зеленая линия), SSP2-4.5 (синяя линия), SSP3-7.0 (оранжевая линия) и SSP5-8.5 (фиолетовая линия) за 2015–2099 гг. (стандартные отклонения по ансамблю моделей – пунктирные линии). Среднегодовые аномалии температуры поверхности северо-западной части Тихого океана по данным OISSTv2 за 1982–2023 гг. (голубая линия). Все аномалии вычислялись относительно среднего за 1982–2011 гг.

Fig. 1. Averaged annual mean surface air temperature (SAT) anomalies from ERA5 for 1940–2023 (black line) and CMIP6 multi-model mean SAT for the Historical (red line) for 1940–2014, SSP1-2.6 (green line), SSP2-4.5 (blue line), SSP3-7.0 (orange line), and SSP5-8.5 (purple line) for 2015–2099 (standard deviations for the model ensembles are shown by dashed lines) scenarios in the region under consideration. Annual mean sea surface temperature anomalies averaged in the Northwest Pacific based on OISST data for 1982–2023 (light blue line). Anomalies were calculated using mean values for 1982–2011

Таблица 2

Разности средней ПТВ в рассматриваемом регионе для анализируемых моделей и сценариев CMIP6 между 1994–2023 и 1940–1969 гг. ($\Delta T1$), между 2024–2053 и 1994–2023 гг. ($\Delta T2$), между 2070–2099 и 1994–2023 гг. ($\Delta T3$)

Table 2. Change of mean surface air temperature of the analyzed CMIP6 models and scenarios in the region under consideration between 1994–2023 and 1940–1969 ($\Delta T1$), 2024–2053 and 1994–2023 ($\Delta T2$), and 2070–2099 and 1994–2023 ($\Delta T3$) for the analyzed CMIP6 models and scenarios

МЗС	$\Delta T1$ (°C)	$\Delta T2$ (°C)				$\Delta T3$ (°C)			
	Historical SSP2-4.5	SSP1- 2.6	SSP2- 4.5	SSP3- 7.0	SSP5- 8.5	SSP1- 2.6	SSP2- 4.5	SSP3- 7.0	SSP5- 8.5
AS-RCEC TaiESM1	1.09	1.94	1.68	1.54	2.18	3.20	4.10	4.81	6.20
AWI-CM-1-1-MR	1.26	0.70	1.12	1.26	1.24	1.05	2.23	3.38	3.99
BCC-CSM2-MR	0.59	0.95	1.32	1.15	1.21	1.19	2.47	4.02	4.03
CAMS-CSM1-0	0.56	0.50	0.68	0.72	0.94	0.84	1.69	2.32	2.82
CAS-ESM2-0	0.98	1.46	1.18	1.22	1.48	2.53	3.53	3.63	4.89
CAS FGOALS-f3-L	0.98	0.77	1.16	1.19	1.11	1.06	2.22	3.39	4.12
CAS FGOALS-g3	0.96	0.38	0.89	1.03	0.84	0.66	1.80	2.92	3.17
CCCma CanESM5	1.48	1.69	1.68	2.01	2.32	2.39	3.90	5.89	6.98
CCCma CanESM5-CanOE	1.68	1.64	1.97	2.40	2.46	2.44	3.67	6.05	7.25
CMCC-CM2-SR5	1.55	1.13	1.14	1.22	1.62	3.11	3.84	4.29	5.72
CMCC-ESM2	1.41	1.12	1.19	1.00	1.21	3.59	4.00	4.00	5.66
CNRM-CM6-1	1.65	0.82	0.89	0.73	0.92	1.13	2.16	3.50	4.74
CNRM-CM6-1-HR	1.13	1.20	1.04	1.06	1.40	1.64	2.58	3.45	4.46
CNRM-ESM2-1	1.23	0.67	0.85	0.89	1.38	1.12	2.40	3.22	4.28
CSIRO ACCESS-CM2	0.89	1.83	1.78	1.60	1.92	2.59	3.46	4.56	5.51
CSIRO ACCESS-ESM1-5	1.14	1.52	1.73	1.16	1.94	2.22	3.26	4.16	5.11
EC-Earth3	2.09	1.58	1.66	1.69	1.96	1.73	2.97	4.63	5.82
EC-Earth3-Veg	1.65	1.13	1.19	1.10	1.78	1.85	2.95	4.32	5.49
INM-CM4-8	0.54	0.89	1.31	1.29	1.49	1.31	1.91	3.39	4.07
INM-CM5-0	0.75	0.92	1.05	1.14	1.30	0.97	1.96	2.92	3.57
IPSL-CM6A-LR	1.10	1.08	1.30	1.44	1.51	1.83	3.25	4.37	5.96
MIROC-ES2L	0.77	1.26	1.41	1.34	1.57	1.64	2.63	3.59	4.50
MIROC6	0.59	1.10	1.12	1.17	1.34	1.42	2.30	3.17	4.28
MOHC UKESM1-0-LL	1.39	2.03	2.15	2.65	2.66	3.12	4.36	6.02	7.27
MPI-ESM1-2-LR	0.96	0.65	0.98	0.77	0.49	0.79	1.81	3.19	3.85
MRI-ESM2-0	0.59	1.41	1.49	1.39	1.80	1.17	2.52	3.32	4.04
NASA GISS-E2-1-G	1.17	1.29	1.25	0.84	1.19	1.97	2.22	2.66	3.72
NCAR CESM2	1.29	1.36	1.05	0.84	1.51	1.28	2.13	3.15	4.79
NCAR CESM2-WACCM	1.32	1.06	1.01	1.08	1.55	1.37	2.13	3.36	5.05
NCC NorESM2-LM	0.98	1.05	1.06	1.16	1.46	1.31	2.30	3.39	4.67
NCC NorESM2-MM	0.93	0.77	1.32	0.98	1.47	1.29	2.30	3.35	4.34
NIMS-KMA KACE-1-0-G	1.53	2.12	2.31	2.23	2.27	2.44	3.14	4.24	5.39
NOAA GFDL-ESM4	0.24	0.86	0.88	0.82	0.95	1.22	2.00	2.84	3.14
Минимум	0.24	0.38	0.68	0.72	0.49	0.66	1.69	2.32	2.82
Максимум	2.09	2.12	2.31	2.65	2.66	3.59	4.36	6.05	7.27
Стандартное отклонение	0.41	0.44	0.39	0.47	0.49	0.78	0.77	0.92	1.13
Среднее	1.11	1.18	1.30	1.28	1.53	1.74	2.73	3.80	4.81

демонстрируют потепление, причем не только в среднем по ансамблю, но и для каждой МЗС в отдельности, при этом, как и ожидалось, ПТВ растет быстрее при более высоких выбросах CO_2 (рис. 1, табл. 2). Тем не менее приблизительно до 2040 г. все сценарии SSP показывают приблизительно одинаковое увеличение средней ПТВ, с разницей между 2024–2053 гг. и 1994–2023 гг. в 1.2–1.5 °C (табл. 2). Сценарий SSP1-2.6 подразумевает не медленное существенное сокращение антропогенных выбросов CO_2 и их полное обнуление к 2075 г., поэтому ПТВ стабилизируется во второй половине XXI в. как в глобальном масштабе [1], так и в рассматриваемом регионе (рис. 1). В сценарии SSP2-4.5 выбросы постепенно сокращаются на протяжении XXI в., в сценарии SSP3-7.0 выбросы растут и к концу века удваиваются, в сценарии SSP5-8.5 – утраиваются. При этом увеличение средней по региону ПТВ составит 1.7, 2.7, 3.8 и 4.8 °C соответственно; сходные результаты дают и индивидуальные МЗС (табл. 2). Следует отметить, что отдельные МЗС далеко не всегда корректно воссоздают естественные моды колебаний климата (их периоды и фазы могут различаться), что выражается в слабых межгодовых колебаниях средней по мульти-модельному ансамблю температуры (рис. 1).

В пространственном распределении среднегодовой ПТВ по данным ERA5 за 1940–1969 гг. (рис. 2А) и 1994–2023 гг. (рис. 2Б) ярко проявляется термический контраст между сушей и морской поверхностью: среднегодовая ПТВ находится в диапазонах приблизительно от –16 до 0 °C над сушей и от 0 до 18 °C над морем, что и определяет муссонный характер климата рассматриваемого региона. Низкая среднегодовая ПТВ (около 0 °C и ниже) характерна для прилегающих к суше частей Охотского и Берингова морей, покрытых льдом в холодное время года. Общая пространственная картина не изменяется от раннего периода к позднему (рис. 2А, Б), однако за это время произошли заметные количественные изменения: ПТВ выросла почти во всем регионе (рис. 2В). На территории России ПТВ увеличилась на 1.0–1.4 °C (в среднем на 1.2 °C), причем в некоторых районах Приморского, Хабаровского и Камчатского краев отрицательные среднегодовые температуры сменились положительными. Значительное повышение ПТВ (на 1.6–1.8 °C) произошло в крайнем северо-восточном районе, примыкающем к арктической зоне.

ПТВ на морских акваториях в среднем выросла на 0.4 °C. Наибольшее по региону увеличение ПТВ (1.6–2.4 °C) произошло в северной части Охотского моря, причем отрицательная среднегодовая ПТВ в период 1940–1969 гг. сменилась положительной в период 1994–2023 гг. (рис. 2А–В). Потеплению в районе Охотского моря соответствует хорошо известное снижение ледовитости, по крайней мере, с середины XX в. [6, 19]. Более позднее образование морского льда осенью и более раннее его разрушение весной, а также расширение полыней в ледовый период приводят к повышению поглощения солнечной радиации верхним слоем моря и увеличению потока тепла в атмосферу, с чем и можно связать увеличение ПТВ в северной части Охотского моря. Этими же причинами можно объяснить значительное увеличение ПТВ (более 1 °C) в прибрежных районах северо-западной части Берингова моря, покрытых льдом в холодный период года. В Охотском море восточнее о-ва Сахалин ПТВ снизилась на 0.2–0.6 °C, что, возможно, связано с изменениями Восточно-Сахалинского течения, переносящего амурские воды с севера на юг вдоль берега. Проверка этого предположения требует специального исследования. Разница ПТВ между двумя периодами уменьшалась в направлении с северо-запада на юго-восток, т.е. с удалением от суши: в Беринговом море ПТВ повысилась на 0.6–1.0 °C, в Японском – на 0.6–0.8 °C, в северо-западной части Тихого океана увеличение ПТВ составило только 0.2–0.6 °C (рис. 2В). Вместе с тем средняя ТПО исследуемого региона увеличилась за последние 40 лет на ~0.8 °C [8], чему соответствует и увеличение ПТВ, однако значительная доля повышения ПТВ приходится на период 1994–2023 гг. (см. рис. 1), т.е. внутри периода осреднения. Таким образом, от 1940–1969 к 1994–2023 гг. термический контраст между океаном и сушей сократился на ~0.8 °C, что соответствует имеющимся представлениям об ослаблении восточноазиатского муссона [6].

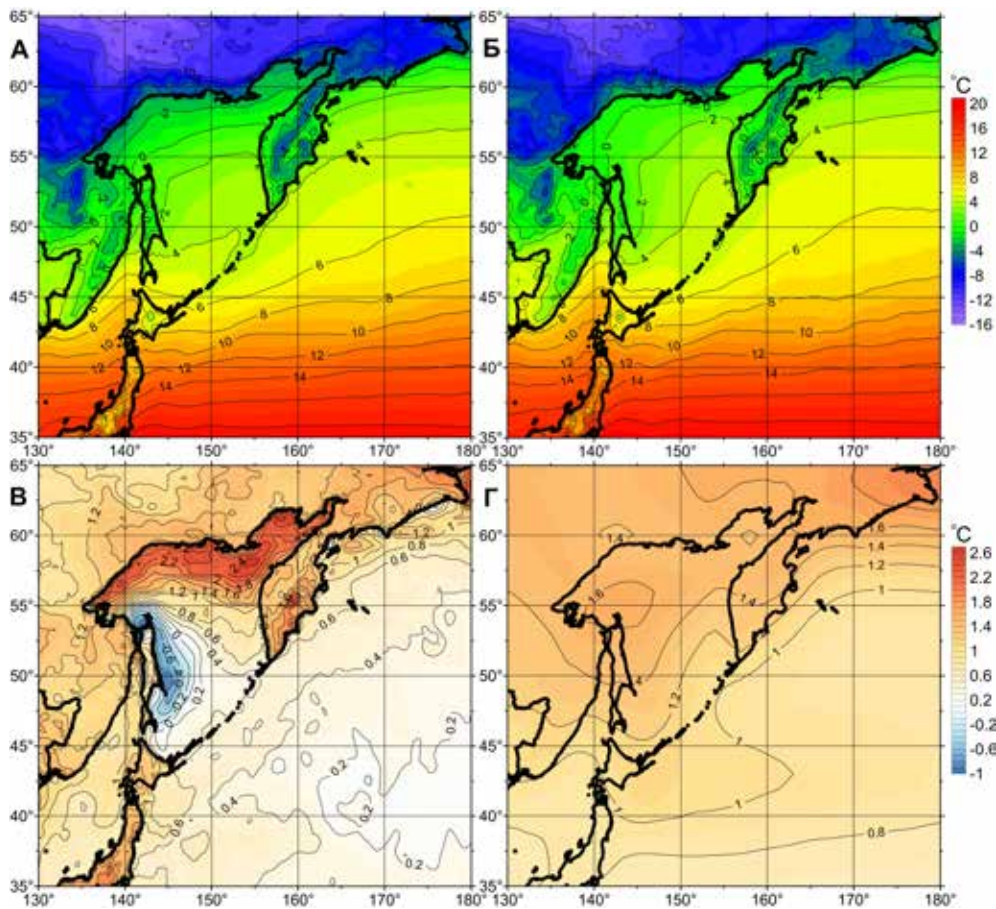


Рис. 2. Средняя ПТВ по данным ERA5 за 1940–1969 гг. (А) и за 1994–2023 гг. (Б); разность ПТВ между (Б) и (А) по данным ERA5 (В); разность ПТВ между (Б) и (А) по ансамблю МЗС результатов эксперимента Historical за 1940–2014 гг., дополненному результатами эксперимента SSP2-4.5 за 2015–2023 гг. (Г)

Fig. 2. Annual mean SAT anomalies from ERA5 for 1940–1969 (A) and 1994–2023 (B), SAT change between (B) and (A) from ERA5 (B), and the same as in (B) but from the CMIP6 multi-model ensemble for the Historical experiment (1940–2014) supplemented by the results of the SSP2-4.5 experiment (2015–2023) (Г)

Для сравнения на рис. 2Г приведено поле, аналогичное показанному на рис. 2В, но основанное на результатах экспериментов Historical – SSP2-4.5. Пространственная картина, основанная на этих результатах, качественно соответствует полученной по данным реанализа ERA5, за исключением мелкомасштабных деталей, не воспроизводимых из-за недостаточного пространственного разрешения МЗС, что особенно заметно на п-ве Камчатка, в Охотском море и прибрежных районах западной части Берингова моря. МЗС воспроизводят большее увеличение ПТВ на суше в сравнении с морскими акваториями, и среднее количественное увеличение ПТВ над сушей близко к оценке по данным ERA5 (1.6–1.8 °C в сравнении с 1.0–1.4 °C). Напротив, оценка потепления над морской поверхностью с помощью МЗС оказалась завышенной: для северо-западной части Тихого океана она составила 0.8–1.0 °C, т.е. вдвое больше, чем по данным реанализа ERA5 (в среднем 0.4 °C). Это приведет к ошибке в оценке теплового контраста между сушей и океаном и изменений восточноазиатского муссона. Неясна также причина возникновения теплого «пятна» в северо-западной части Охотского моря (к северу от о-ва Сахалин), где, возможно, концентрируются амурские воды. За исключением этого, МЗС верно воспроизводят потепление в регионе.

На рис. 3 показаны поля, аналогичные изображенным на рис. 2В, Г, но представляющие проекции изменений климата в регионе до 2070–2099 гг., т.е. разности ПТВ между этим периодом и 1994–2023 гг., осредненные по мультимодельному ансамблю для четырех рассматриваемых сценариев (табл. 1). Напомним, что ПТВ за 1994–2023 гг. оценивалась по результатам эксперимента Historical за 1994–2014 гг. и дополнялась результатами четырех рассматриваемых сценариев SSP за 2015–2023 гг. Имеет место качественное соответствие этих полей с аналогичным полем изменений ПТВ, но между предыдущими периодами (см. рис. 2Г и рис. 3).

Как и ожидалось, проекции на рис. 3 показывают значительное потепление от 1994–2023 к 2070–2099 гг., причем на суше ожидается увеличение ПТВ на 2.0–2.1 °C, 3.0–3.5 °C, 4.7–5.3 °C и 6.1–6.6 °C для сценариев SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 соответственно. Наиболее значительное потепление на суше ожидается в крайнем северо-восточном районе, примыкающем к восточной Арктике, что наблюдалось и в полях по данным реанализа за период инструментальных наблюдений (рис. 2В). Потепление в Арктике происходит значительно интенсивнее, чем в средних широтах [20], что подтверждается

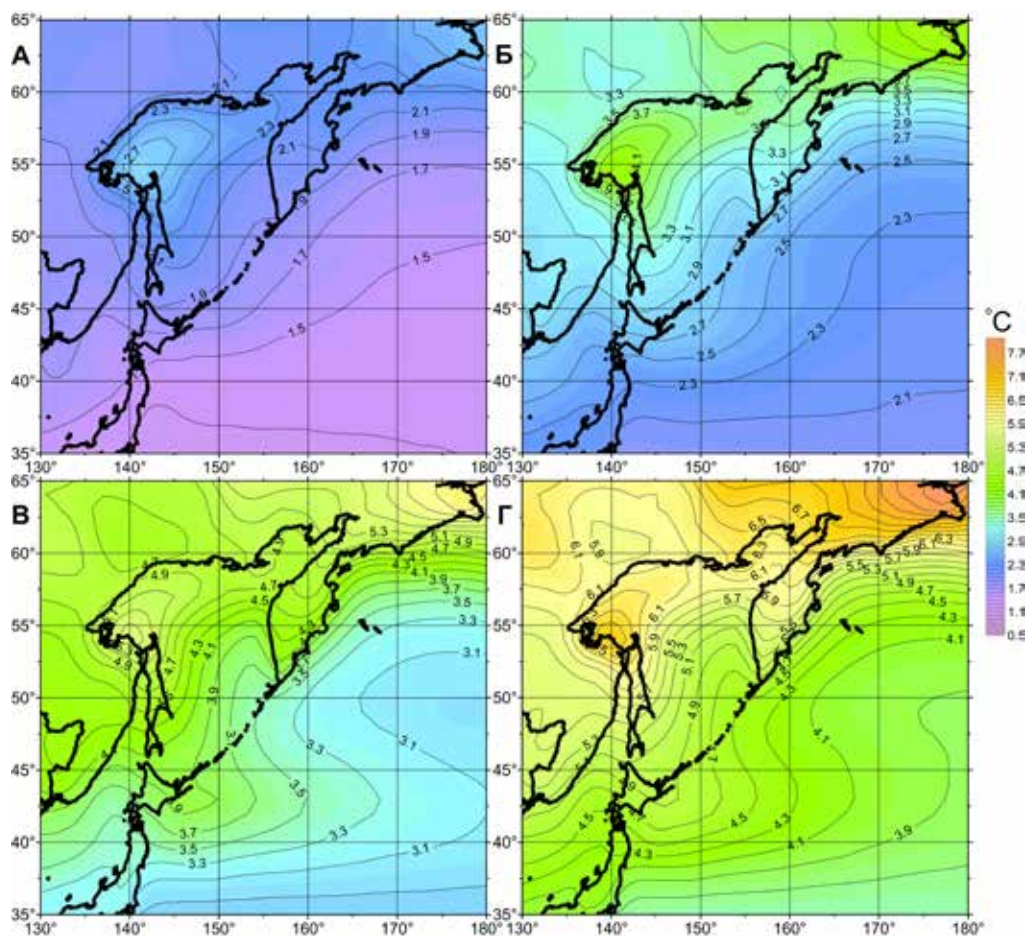


Рис. 3. Разность ПТВ, осредненной по ансамблю МЗС, между периодами 2070–2099 гг. и 1994–2023 гг. согласно сценариям SSP1-2.6 (А), SSP2-4.5 (Б), SSP3-7.0 (В) и SSP5-8.5 (Г). Данные за 1994–2014 гг. взяты из эксперимента Historical

Fig. 3. Annual mean SAT change between 2070–2099 and 1994–2023 from the CMIP6 multi-model ensemble for the SSP1-2.6 (A), SSP2-4.5 (B), SSP3-7.0 (B) and SSP5-8.5 (Г) scenarios. Data for 1994–2014 are taken from the Historical experiment

и нашими результатами. Оценки потепления над северо-западной частью Тихого океана имеют существенно меньшие величины по сравнению с сушей.

Поскольку МЗС вполне удовлетворительно воспроизводят потепление на суше, произошедшее с середины XX до первой четверти XXI в., полученные оценки увеличения ПТВ над сушей к 2070–2099 гг. можно считать достаточно реалистичными. Напротив, оценки потепления над северо-западной частью Тихого океана приходится считать менее достоверными из-за значительного их расхождения по данным ERA5 и CMIP6, которое можно объяснить влиянием PDO (см. рис. 2В, Г).

Различные МЗС по-разному воспроизводят периодичность и фазы естественной климатической изменчивости, к которой относится и PDO, из-за чего, как упоминалось выше, при осреднении по ансамблю эта изменчивость подавляется. В данных же ERA5 сигнал PDO присутствует, а максимальные аномалии, связанные с PDO, развиваются в широтной зоне 35–45° с.ш. в западной и центральной частях Тихого океана, куда входит и юго-восточная часть исследуемого региона. Большая часть периода 1940–1969 гг. относится к отрицательной фазе PDO, начавшейся в 1946 г., когда в этом районе имели место положительные аномалии ТПО [9], причем эта фаза была весьма мощной: индекс PDO зачастую опускался ниже –2, а временами достигал и –3, тогда как в период 1994–2023 гг. отрицательная и положительная фазы PDO несколько раз сменяли друг друга и были довольно слабыми, индекс почти не достигал –2 [21], т.е. отепляющий вклад PDO был выше в 1940–1969 гг., чем в 1994–2023 гг. При обсуждении PDO обычно рассматриваются аномалии ТПО, однако, как показало выполненное нами сравнение данных Met Office Hadley Centre HadISST [22] и ERA5, среднегодовые аномалии ТПО и ПТВ весьма близки и различаются в среднем лишь на 0.2–0.3 °С, что и объясняет результаты, полученные по данным ERA5.

Исходя из полученных результатов можно полагать, что в течение XXI в. повышение ПТВ над северо-западной частью Тихого океана будет меньше, чем над сушей рассматриваемого региона, из-за стабилизирующей роли океана (рис. 3), это уменьшит термический контраст между сушей и океаном и, как следствие, ослабит восточноазиатский муссон. Однако при этом следует принимать во внимание существенное влияние PDO на исследуемый регион, которое не учитывается в выполненных оценках по ансамблю МЗС. Также полученные оценки будущих изменений ПТВ в рассматриваемом регионе не способны учесть влияние еще не произошедших крупных извержений вулканов.

Заключение

В работе выполнена оценка возможных изменений среднегодовой ПТВ в регионе, включающем территорию и окраинные моря России, а также северо-западную часть Тихого океана, до 2099 г., для чего используются осредненные по ансамблю данные 33 МЗС проекта CMIP6, полученные в рамках четырех сценариев SSP, отвечающих различным уровням антропогенного радиационного форсинга (эмиссии CO₂ в результате хозяйственной деятельности людей). Анализ долгосрочных изменений климата основан на сравнении аномалий ПТВ, осредненных за 30-летние периоды. Для верификации модельных результатов проанализировано потепление, произошедшее в регионе с 1940–1969 до 1994–2023 гг., для чего использованы данные как европейского реанализа ERA5 с пространственным разрешением 0.25°, так и МЗС проекта CMIP6 с более грубым разрешением (в основном 1.0–2.0°).

Данные реанализа ERA5 показывают, что от 1940–1969 к 1994–2023 гг. средняя ПТВ в регионе увеличилась на 1.1 °С; МЗС дают близкие средние темпы повышения ПТВ, что обосновывает применение в работе их прогнозных оценок. Сценарии SSP слабого, умеренного и значительного радиационного форсинга (антропогенных выбросов CO₂) показывают близкие результаты с увеличением средней ПТВ по региону на 1.2–1.5 °С от 1994–2023 до 2024–2053 гг. Напротив, к концу XXI в. средняя ПТВ в регионе повысится

на 1.7, 2.7, 3.8 или 4.8 °С соответственно изменениям содержания парниковых газов в атмосфере, которое задано в сценариях SSP.

Почти на всей территории региона ПТВ увеличилась в среднем на 1.2 °С от 1940–1969 к 1994–2023 гг., а в некоторых районах Приморского, Хабаровского и Камчатского краев отрицательные среднегодовые температуры сменились положительными. Сходные результаты получены по ансамблю МЗС СМIP6, что обосновывает применение их прогнозных оценок для суши. От 1994–2023 к 2070–2099 гг. потепление на суше ожидается равным 2.0–2.1, 3.0–3.5, 4.7–5.3 и 6.1–6.6 °С для сценариев SSP1-2.6 (с быстрым сокращением выбросов), SSP2-4.5 (с медленным сокращением выбросов), SSP3-7.0 (с удвоением выбросов к концу столетия) и SSP5-8.5 (с утроением выбросов к концу столетия) соответственно.

Как показывают данные реанализа ERA5, от 1940–1969 к 1994–2023 гг. увеличение ПТВ над морскими акваториями происходило весьма неравномерно. Значительное потепление в северной части Охотского моря (до 2 °С и более) и в прибрежных районах северо-западной части Берингова моря (до 1.0–1.2 °С) можно объяснить многолетним снижением ледовитости [6, 19]. Район Охотского моря восточнее о-ва Сахалин является единственным в регионе, где ПТВ снизилась на 0.2–0.6 °С. Выявление этих локальных особенностей стало возможным благодаря высокому пространственному разрешению реанализа ERA5. Увеличение ПТВ ослабевало в направлении с северо-запада на юго-восток региона, т.е. с удалением от суши, и составило только 0.2–0.6 °С в северо-западной части Тихого океана, что, по-видимому, можно связать с влиянием PDO и стабилизирующей ролью океана. В итоге от 1940–1969 к 1994–2023 гг. термический контраст между океаном и сушей сократился в среднем на 0.8 °С, что соответствует имеющимся представлениям об ослаблении восточноазиатского муссона [6].

Результаты по данным мультимодельного ансамбля СМIP6 в период от 1940–1969 к 1994–2023 гг. соответствуют пространственной картине над морскими акваториями по данным ERA5 с учетом меньшей детальности из-за более грубого пространственного разрешения МЗС, но завьшают увеличение ПТВ северо-западной части Тихого океана. Последнее можно объяснить тем, что эффекты PDO, ослабляющие увеличение ПТВ в этом районе, нивелируются при осреднении по ансамблю моделей СМIP6.

Следует иметь в виду, что в проекциях на будущее можно до определенной степени учесть изменения антропогенного воздействия, но невозможно предугадать извержения вулканов, которые окажут влияние на радиационный форсинг, что привносит дополнительную неопределенность в полученные результаты. Тем не менее их можно рассматривать как первое приближение к описанию будущего состояния климатической системы региона.

В работе не обсуждаются возможные изменения атмосферной циркуляции, в частности, ветрового режима, и естественных климатических процессов, таких как PDO и ENSO, а также системы восточноазиатского муссона; не обсуждаются и имеющие место различия тенденций по сезонам. Эти вопросы оставлены для будущих исследований.

Благодарности. Данное исследование выполнено в рамках государственных заданий: Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН по теме № FMWE-2024-0017 «Долгопериодная эволюция океанской циркуляции и потоков на границе океан–атмосфера и роль океана в формировании климата» и Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН по теме № 124022100079-4 «Исследование структуры и динамики вод Мирового океана в условиях современных климатических изменений».

Acknowledgments. I.V. Serykh carried out this study within the framework of the state assignment of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences on topic No. FMWE-2024-0017 “Long-term evolution of ocean circulation and flows at the ocean-atmosphere boundary and the role of the ocean in climate formation”. O.O. Trusenкова carried out this study within the framework of the state assignment of the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences on topic No. 124022100079-4 “Study of the structure and dynamics of the World Ocean waters under conditions of modern climate change”.

Литература

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Masson-Delmotte et al. (eds.) Cambridge Univ. Press. 2023. doi: 10.1017/9781009157896.
2. Riahi K., van Vuuren D.P., Kriegler E. et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview // *Global Environmental Change*. 2017. Vol. 42. P. 153–168.
3. Eyring V., Bony S., Meehl G.A. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization // *Geosci. Model Dev*. 2016. Vol. 9. P. 1937–1958.
4. Report of Working Group 29 on Regional Climate Modeling. PICES Sci. Rep. No. 54 / Eds Jang C.J., Curchitser E. Sidney, Canada: PICES. 2018. 177 p.
5. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. СПб.: Научно-технологические публикации, 2022. 676 с.
6. Костяной А.Г., Еремина Т.Р., Иванов В.В., Лобанов В.Б., Кровнин А.С., Амосова В.М., Афанасьев Д.Ф., Барабанов В.В., Белоусов В.Н., Волощук Е.В., Гинзбург А.И., Гордеева С.М., Долгов А.В., Жукова С.В., Зезера А.С., Зуенко Ю.И., Лардыгина Е.Г., Лебедев С.А., Лучин В.А., Мезенцева Л.И., Михайлова А.В., Разинков В.П., Ростов И.Д., Серых И.В., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Хен Г.В. Морские природные системы // Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. СПб.: Научно-технологические публикации, 2022. С. 192–238.
7. Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // *Известия ТИНРО*. 2022. Т. 202, № 1. С. 187–207.
8. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Климатические изменения термических условий в тихоокеанской субарктике в условиях современного глобального потепления // *Морской гидрофизический журн*. 2021. Т. 37, № 2. С. 162–178.
9. Mantua N.J., Hare S.R., Zhang Y., Wallace J.M., Francis R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production // *Bull. Amer. Meteor. Soc*. 1997. Vol. 78. P. 1069–1080.
10. Бышев В.И., Нейман В.Г., Пономарев В.И., Романов Ю.А., Серых И.В., Цирикова Т.В. Роль глобальной атмосферной осцилляции в формировании климатических аномалий Дальневосточного региона России // *Докл. Академии наук*. 2014. Т. 458, № 1. С. 92–96.
11. 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 // *Изв. ТИНРО*. 2019. Т. 199, № 4. С. 163–178.
12. Серых И.В., Толстиков А.В. Климатические изменения температуры воздуха западной части российской Арктики в 1940–2099 гг. по данным ERA5 и моделям CMIP6 // *Арктика: экология и экономика*. 2024. Т. 14, № 3. С. 334–349.
13. O'Neill B.C., Tebaldi C., van Vuuren D.P. et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6 // *Geoscientific Model Development*. 2016. Vol. 9. P. 3461–3482.
14. Hersbach H., Bell B., Berrisford P. et al. The ERA5 global reanalysis // *Q. J. R. Meteorol. Soc*. 2020. N 146. P. 1999–2049.
15. Huang B., Liu C., Banzon V. et al. Improvements of the Daily Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (DOISST) Version 2.1 // *J. of Climate*. 2021. Vol. 34. P. 2923–2939.
16. Климатологические нормы ВМО // Всемирная метеорологическая организация. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://community.wmo.int/en/wmo-climatological-normals> (дата обращения: 05.08.2024).
17. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker et al. (eds.) Cambridge Univ. Press. 2013. 1535 p.
18. Lehner F., Deser C., Maher N., Marotzke J., Fischer E.M., Brunner L., Knutti R., Hawkins E. Partitioning climate projection uncertainty with multiple large ensembles and CMIP5/6 // *Earth Syst. Dynam*. 2020. Vol. 11. P. 491–508.
19. Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. // *Изв. ТИНРО*. 2016. Т. 185. С. 228–239.
20. Rantanen M., Karpechko A.Y., Lipponen A. et al. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979 // *Communications Earth & Environment*. 2022. Vol. 3. Artno. 168. 10 p.
21. Pacific Decadal Oscillation (PDO) // National Centers for Environmental Information NOAA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pdo/> (дата обращения: 26.08.2024).
22. Rayner N.A., Parker D.E., Horton E.B., Folland C.K., Alexander L.V., Rowell D.P., Kent E.C., Kaplan A. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century // *J. Geophys. Res*. 2003. Vol. 108, N D14. 4407.

References

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Masson-Delmotte et al. (eds.); Cambridge Univ. Press. 2023. doi:10.1017/9781009157896.
2. Riahi, K.; Van Vuuren, D.P.; Kriegler, E. et al. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*. 2017, 42, 153–168.
3. Eyring, V.; Bony, S.; Meehl, G.A. et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geosci. Model Dev.* 2016, 9, 1937–1958.
4. Report of Working Group 29 on Regional Climate Modeling. PICES Sci. Rep. No. 54 / Eds Jang C.J., Curchitser E.; PICES: Sidney, Canada. 2018; 177 p.
5. Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation / edited by V.M. Kattsov; Roshydromet. St. Petersburg: Science-intensive technologies, Russia, 2022; 676 p. (In Russian)
6. Kostyanov, A.G.; Eremina, T.R.; Ivanov, V.V.; Lobanov, V.B.; Krovnin, A.S.; Amosova, V.M.; Afanasyev, D.F.; Barabanov, V.V.; Belousov, V.N.; Voloshchuk, E.V.; Ginzburg, A.I.; Gordeeva, S.M.; Dolgov, A.V.; Zhukova, S.V.; Zezera, A.S.; Zuenko, Yu.I.; Lardygina, E.G.; Lebedev, S.A.; Luchin, V.A.; Mezentseva, L.I.; Mikhailova, A.V.; Razinkov, V.P.; Rostov, I.D.; Serykh, I.V.; Trusenkova, O.O.; Ustinova, E.I.; Hen, G.V. Marine natural systems. In *Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation* / edited by V.M. Kattsov; Roshydromet. St. Petersburg: Science-intensive technologies, Russia, 2022; 192–238. (In Russian)
7. Hen, G.V.; Ustinova, E.I.; Sorokin, Yu.D. Long-term changes in thermal conditions on the surface of the Far Eastern seas and the North-West Pacific Ocean and their relationship with large-scale climatic processes. *Izvestiya TINRO*. 2022, 202(1), 187–207. (In Russian)
8. Rostov, I.D.; Dmitrieva, E.V.; Rudykh, N.I. Climatic changes in thermal conditions in the Pacific subarctic under modern global warming. *Marine Hydrophysical Journal*. 2021, 37(2), 162–178. (In Russian)
9. Mantua, N.J.; Hare, S.R.; Zhang, Y.; Wallace, J.M.; Francis, R.C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 1997, 78, 1069–1080.
10. Byshev, V.I.; Neiman, V.G.; Ponomarev, V.I.; Romanov, Yu.A.; Serykh, I.V.; Tsurikova, T.V. A role of the Global Atmosphere Oscillation in forming the climatic anomalies in Russian Far Eastern region. *Doklady Earth Sciences*. 2014, 458(1), 92–96. (In Russian)
11. Hen, G.V.; Ustinova, E.I.; Sorokin, Yu.D. Variability and interrelationship of the main climate indices for the northern part of the Pacific Ocean: trends, climate shifts, spectra, correlations. *Izvestiya TINRO*. 2019, 199(4), 163–178. (In Russian)
12. Serykh, I.V.; Tolstikov, A.V. Climatic changes of air temperature in the western part of the Russian Arctic in 1940–2099 according to ERA5 data and CMIP6 models. *Arctic: Ecology and Economy*. 2024, 14(3), 334–349. (In Russian)
13. O'Neill, B.C.; Tebaldi, C.; van Vuuren, D.P. et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*. 2016, 9, 3461–3482.
14. Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. et al. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 2020, 146, 1999–2049.
15. Huang, B.; Liu, C.; Banzon, V. et al. Improvements of the Daily Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (DOISST). Version 2.1. *Journal of Climate*. 2021, 34, 2923–2939.
16. WMO Climatological Normals. World Meteorological Organization. Available online: <https://community.wmo.int/en/wmo-climatological-normals> (accessed on 05 August 2024). (In Russian)
17. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T.F. Stocker et al. (eds). Cambridge Univ. Press. 2013; 1535 p.
18. Lehner, F.; Deser, C.; Maher, N.; Marotzke, J.; Fischer, E.M.; Brunner, L.; Knutti, R.; Hawkins, E. Partitioning climate projection uncertainty with multiple large ensembles and CMIP5/6. *Earth Syst. Dynam.* 2020, 11, 491–508.
19. Pishchalnik, V.M.; Romanyuk, V.A.; Minervin, I.G.; Batukhtina, A.S. Analysis of the dynamics of ice coverage anomalies in the Sea of Okhotsk in the period from 1882 to 2015. *Izvestia TINRO*. 2016, 185, 228–239. (In Russian)
20. Rantanen, M.; Karpechko, A.Y.; Lipponen, A. et al. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Communications Earth & Environment*. 2022, 3, 168.
21. Pacific Decadal Oscillation (PDO). National Centers for Environmental Information NOAA. Available online: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/pdo/> (accessed on 26 August 2024).
22. Rayner, N.A.; Parker, D.E.; Horton, E.B.; Folland, C.K.; Alexander, L.V.; Rowell, D.P.; Kent, E.C.; Kaplan, A. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J. Geophys. Res.* 2003, 108(D14), 4407.

Статья поступила в редакцию 27.08.2024; одобрена после рецензирования 23.10.2024; принята к публикации 18.11.2024.

The article was submitted 27.08.2024; approved after reviewing 23.10.2024; accepted for publication 18.11.2024.

Морфометрическая характеристика бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Среднем Сихотэ-Алине

Иван Владимирович СЕРЁДКИН
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия
seryodkinivan@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4054-9236>

Аннотация. Бурый медведь (*Ursus arctos*) играет важную роль в наземных экосистемах Дальнего Востока России. В регионе он является объектом любительской и спортивной охоты, в том числе трофейного направления. С целью морфометрической характеристики у 57 особей (44 самца и 13 самок) со Среднего Сихотэ-Алиня, отловленных в рамках научных программ для радиомечения в 1992–2018 гг., делали замеры тела и определяли массу. Средние показатели массы и длины тела (без учета хвоста) медведей составили 267.3 кг и 210.6 см для взрослых самцов и 147.4 кг и 178.6 см для взрослых самок соответственно. Максимальная масса тела для самцов составила 360.0 кг, для самок – 223.0 кг. Наибольшая длина тела соответствовала 225.0 см для самцов и 187.0 см – для самок. Ширина пальмарной мозоли (замера, используемого при учете численности медведей по следам) составила в среднем 17.4 см у взрослых самцов и 14.1 см – у взрослых самок. Масса тела и основные размеры самцов имели достоверно большие значения по сравнению с показателями самок того же возраста. Морфологические показатели бурых медведей с Сихотэ-Алиня оказались больше, чем у конспецификов из большинства других регионов Евразии. Существенных различий в массе и длине тела между бурыми медведями из Сихотэ-Алиня и Камчатки не выявлено. Бурые медведи на Среднем Сихотэ-Алине имеют высокие трофейные качества, что перспективно для развития трофейной охоты. Полученные данные важны для управления популяциями бурого медведя на Дальнем Востоке России.

Ключевые слова: морфометрия, трофейные характеристики, управление популяцией, хищные млекопитающие, *Ursus arctos*

Для цитирования: Серёдкин И.В. Морфометрическая характеристика бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Среднем Сихотэ-Алине // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 63–72. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_5.

Morphometric characteristics of brown bears captured for scientific research in the Middle Sikhote-Alin

Ivan V. SERYODKIN

Candidate of Biological Sciences, Leading research associate

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

seryodkinivan@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4054-9236>

Abstract. The brown bear (*Ursus arctos*) plays an important role in the terrestrial ecosystems of the Russian Far East. In the region, it is an object of amateur and sport hunting, including trophy hunting. For the purpose of morphometric characterization, body measurements and weight were taken of 57 individuals (44 males and 13 females), captured in the Middle Sikhote-Alin as part of scientific programs for radio marking in 1992-2018. The average weight and body length (excluding the tail) of bears in the Sikhote-Alin were 267.3 kg and 210.6 cm for adult males and 147.4 kg and 178.6 cm for adult females, respectively. The maximum body weight was 360.0 kg for males, and 223.0 kg for females. The greatest body length was 225.0 cm for males and 187.0 cm for females. The average width of the palmar pad (a measurement used in surveys of bear populations by their footprints), was 17.4 cm for adult males and 14.1 cm for adult females. The body weight and primary measurements of males were significantly greater than those of females of the same age. The morphological parameters of brown bears from Middle Sikhote-Alin were greater than those of conspecifics from most other regions of Eurasia. No significant differences in weight and body length were found between brown bears from Sikhote-Alin and Kamchatka. Since size characteristics in brown bears are associated with the quality, quantity and availability of food resources, the large size of animals in Middle Sikhote-Alin are attributed to the abundance of high-calorie foods, primarily Korean pine nuts (*Pinus koraiensis*) and Mongolian oak acorns (*Quercus mongolica*). Brown bears in the Middle Sikhote-Alin exhibit trophy quality, which is promising for the development of trophy hunting. The data obtained are important for managing brown bear populations in the Russian Far East.

Keywords: morphometry, trophy characteristics, population management, carnivorous, *Ursus arctos*

For citation: Seryodkin I.V. Morphometric characteristics of brown bears captured for scientific research in the Middle Sikhote-Alin. Pacific Geography. 2025;(1):63-72. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_5.

Введение

Бурые медведи (*Ursus arctos*), обитающие на Дальнем Востоке России, отличаются более крупными размерами относительно представителей этого вида из других частей его ареала в Евразии [1–4]. Управление популяциями бурого медведя в данном регионе предусматривает трофейную охоту, поскольку крупные особи имеют большой спрос и ценность для охотников. Знание морфометрических характеристик бурых медведей и их динамики помогает в планировании рационального использования данного ресурса в регионах [5, 6].

Сведения о размерных характеристиках бурого медведя Дальнего Востока в литературе представлены в основном краниометрическими данными [3, 7, 8]. Информация о массе и размерах отдельных частей тела животных разных половозрастных групп имеется в основном для Камчатки и Сахалина [4, 9]. Для Сихотэ-Алиня морфологические промеры незначительного количества особей медведей содержатся только в публикации Г.Ф. Бромлея [10]. По этой причине новые сведения о размерных характеристиках медведей Сихотэ-Алиня являются актуальными.

Цель данной работы состояла в оценке основных морфометрических показателей бурых медведей разных половозрастных групп на Среднем Сихотэ-Алине. В задачи исследования входил анализ данных по массе и основным размерам тела, сравнение морфологических параметров животных с Сихотэ-Алиня и Камчатки, а также оценка трофейных качеств бурого медведя на Дальнем Востоке России.

Материалы и методы

В Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике и в его окрестностях (Тернейский и Дальнегорский районы Приморского края) в 1992–2018 гг. производили отлов бурых медведей в научных целях для радиомечения [11]. Животных отлавливали ловушками Олдрича и обездвигивали при помощи ружья системы Telinject, стреляющего шприцами с анестезирующим препаратом [12].

У отловленных животных брали важнейшие морфологические промеры (табл. 1, 2), производили их взвешивание (см. рис.). Точность измерения параметров соответствовала 0.5 см, кроме размеров мозолей конечностей, длины уха, длины клыков, длины пальцевых подушечек и когтей, которые замерялись с точностью 0.1 см. Возраст животных определяли по числу линий прироста в зубном цементе [13] передних премоляров, не несущих функциональную нагрузку и изъятых при отлове, а также по возрастным особенностям зубной системы при ее осмотре [14].



Рис. Взвешивание бурого медведя, отловленного с целью радиомечения на Среднем Сихотэ-Алине. Фото Ю.К. Петруненко

Fig. Weighing a brown bear captured for radio marking in the Middle Sikhote-Alin. Photo by Y.K. Petrunenko

Морфологические промеры брали у 57 бурых медведей. Для анализа медведи были разделены по полу и возрастным категориям: самцы возрастом 7 лет и более (30 особей), самцы 4–6 лет (10 особей), самцы 2–3 лет (3 особи), самцы до 1 года (1 особь), самки 7 лет и более (10 особей) и самки 3–4 лет (3 особи). Возраст приведен по количеству полных лет.

Для сравнения выборок, содержащих морфологические показатели, было обосновано применение непараметрических статистических критериев. Критерий Шапиро – Уилка ($p < 0.05$) и построение гистограмм не показали нормального распределения выборок,

а критерий Бартлетта ($p < 0.05$) не выявил равенства их дисперсий. Таким образом применили U-критерий Манна – Уитни. Сравнивали выборки основных промеров между разными половозрастными группами медведей на Сихотэ-Алине, а также между животными из Сихотэ-Алиня и Камчатки. Данные промеров бурых медведей из Камчатки взяты из аналогичного научного исследования [4]. Статистический анализ данных проводили в программе R (v. 3.5.2).

Результаты и их обсуждение

Наиболее крупными размерами на Среднем Сихотэ-Алине ожидаемо отличались самцы бурых медведей возрастом 7 лет и более (табл. 1). Основные морфологические показатели животных (масса, длина тела, обхват головы, шеи и груди, ширина пальмарной и плантарной мозолей) в данной половозрастной категории были значимо больше по сравнению с таковыми самцов меньшего возраста (4–6 лет) и самок той же возрастной категории ($U = 133-301$; $p < 0.05$). Для Сихотэ-Алиня подтвержден половой диморфизм медведей, проявляющийся в относительно больших размерах самцов по сравнению с самками, характерный для вида в целом [15, 16]. Средняя масса взрослых самцов составила 267.3 кг, а длина тела – 210.6 см, тогда как у взрослых самок данные показатели были существенно меньше: 147.4 кг и 178.6 см соответственно.

Таблица 1

Основные морфометрические параметры бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Среднем Сихотэ-Алине в 1992–2018 гг.

Table 1. Main morphometric parameters of brown bears captured for scientific research in the Middle Sikhote-Alin in 1992-2018

Морфометрический параметр	Количество промеров	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение
Самцы, 7 лет и более					
Масса	24	267.3	144.0	360.0	50.2
Длина тела (без хвоста)	27	210.6	184.5	225.0	10.4
Обхват груди	25	148.7	128.0	188.0	14.9
Обхват головы	29	86.7	72.0	98.0	7.5
Обхват шеи	26	89.5	74.0	108.0	9.5
Длина головы	29	49.9	44.0	68.0	4.7
Длина хвоста	27	15.3	7.0	26.0	4.0
Длина уха	28	12.8	10.0	15.0	1.1
Ширина пальмарной мозоли	28	17.4	14.5	20.0	1.4
Ширина плантарной мозоли	24	15.8	13.5	18.5	1.4
Длина плантарной мозоли	25	22.6	20.0	25.0	1.5
Длина верхнего клыка	13	4.3	3.5	5.0	0.4
Длина нижнего клыка	13	3.8	3.0	4.5	0.4
Самцы, 4–6 лет					
Масса	8	167.6	126.0	218.0	30.4
Длина тела (без хвоста)	9	177.0	137.0	196.0	20.3
Обхват груди	8	119.4	104.0	135.0	10.2
Обхват головы	10	74.4	68.0	83.0	4.6
Обхват шеи	9	74.2	59.5	88.0	10.3
Длина головы	10	44.8	41.0	48.0	2.1
Длина хвоста	9	16.1	11.5	20.0	2.8
Длина уха	10	13.4	11.0	15.5	1.4
Ширина пальмарной мозоли	8	15.8	13.8	17.0	1.1
Ширина плантарной мозоли	7	14.2	12.0	16.0	1.2
Длина плантарной мозоли	7	19.2	17.0	21.0	1.5

Морфометрический параметр	Количество промеров	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение
Длина верхнего клыка	7	3.8	3.4	4.0	0.3
Длина нижнего клыка	7	3.5	3.0	4.0	0.3
Самцы, 2–3 года					
Масса	3	119.0	80.0	142.0	34.0
Длина тела (без хвоста)	2	129.5	121.0	138.0	12.0
Обхват груди	2	107.5	103.0	112.0	6.4
Обхват головы	2	71.5	71.0	72.0	0.7
Обхват шеи	2	69.0	67.0	71.0	2.8
Длина головы	2	42.5	41.5	43.0	0.7
Длина хвоста	2	19.0	18.0	20.0	1.4
Длина уха	2	13.5	13.0	14.0	0.7
Ширина пальмарной мозоли	3	14.0	13.0	15.0	1.0
Ширина плантарной мозоли	2	13.5	13.0	14.0	0.7
Длина плантарной мозоли	2	19.0	19.0	19.0	0
Длина верхнего клыка	1	4.0	–	–	–
Длина нижнего клыка	1	3.5	–	–	–
Самцы, 9–10 месяцев					
Длина тела (без хвоста)	1	110.0	–	–	–
Обхват груди	1	75.0	–	–	–
Обхват головы	1	46.0	–	–	–
Обхват шеи	1	46.0	–	–	–
Длина головы	1	29.0	–	–	–
Длина хвоста	1	7.0	–	–	–
Длина уха	1	10.5	–	–	–
Ширина пальмарной мозоли	1	9.2	–	–	–
Ширина плантарной мозоли	1	8.5	–	–	–
Длина плантарной мозоли	1	12.5	–	–	–
Длина верхнего клыка	1	1.2	–	–	–
Длина нижнего клыка	1	1.2	–	–	–
Самки, 7 лет и более					
Масса	10	147.4	74.0	223.0	41.2
Длина тела (без хвоста)	8	178.6	166.0	187.0	7.7
Обхват груди	9	117.0	89.0	147.0	16.9
Обхват головы	10	70.6	59.0	81.0	6.4
Обхват шеи	8	71.9	56.5	83.5	8.5
Длина головы	10	40.6	33.0	44.0	3.4
Длина хвоста	8	13.9	10.0	18.5	2.6
Длина уха	9	12.8	11.5	15.0	1.1
Ширина пальмарной мозоли	8	14.1	12.5	16.0	1.3
Ширина плантарной мозоли	9	13.0	11.0	15.0	1.3
Длина плантарной мозоли	8	18.0	15.5	20.0	1.5
Длина верхнего клыка	7	3.6	3.3	4.2	0.3
Длина нижнего клыка	6	3.2	2.8	3.7	0.3
Самки, 3–4 года					
Масса	3	92.3	90.0	95.0	2.5
Длина тела (без хвоста)	3	161.8	151.0	168.5	9.5
Обхват груди	3	93.3	92.0	96.0	2.3
Обхват головы	3	71.3	65.0	82.0	9.3
Обхват шеи	3	60.3	57.0	63.0	3.1
Длина головы	3	39.8	38.5	41.0	1.3
Длина хвоста	3	11.7	6.0	15.0	4.9

Морфометрический параметр	Количество промеров	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение
Длина уха	3	12.3	11.0	13.5	1.9
Ширина пальмарной мозоли	3	12.4	12.2	12.5	0.2
Ширина плантарной мозоли	3	11.8	11.5	12.0	0.3
Длина плантарной мозоли	3	16.3	15.0	18.0	1.5
Длина верхнего клыка	2	3.1	2.9	3.3	0.3
Длина нижнего клыка	2	3.0	2.8	3.2	0.3

Примечание: масса дана в кг, остальные параметры – в см.

На Дальнем Востоке России обитают крупнейшие представители бурых медведей в Евразии и одни из самых крупных в мире. Длина тела медведей в данном регионе достигает 254 см у самцов [17] и 212 см у самок [4], а масса может достигать до 650 кг [1]. Наибольшими размерами на Дальнем Востоке отличаются медведи, обитающие на Сихотэ-Алине и Камчатке [17].

Сравнение бурых медведей Сихотэ-Алиня и Камчатки по основным морфометрическим параметрам не выявило значимых отличий. Исключение составила длина тела самок возрастом 7 лет и более, которая была значимо больше для особей с Камчатки по сравнению с особями с Сихотэ-Алиня ($U = 95.5$; $p < 0.01$). В целом размерные характеристики бурых медведей на Сихотэ-Алине и Камчатке сопоставимы. Средние длина тела и масса взрослых самцов из данного исследования лишь незначительно меньше аналогичных показателей медведей с Камчатки: 210.6 см, 267.3 кг и 216.7 см, 268.7 кг соответственно. Следует отметить, что в литературе имеются сведения о максимальной массе самца бурого медведя на Сихотэ-Алине равной 307 кг и наибольшей длине тела – 222 см [10]. Для самок Г.Ф. Бромлей [10] указывает максимальную массу 230 кг. В.Г. Юдин [3] отмечает, что на Сихотэ-Алине встречаются особи до 450 кг.

Несколько меньшие по сравнению с Сихотэ-Алинем и Камчаткой размеры бурых медведей отмечаются в других регионах Дальнего Востока: на Сахалине, Курильских островах и в Приамурье [4, 17, 18].

В исследованиях, проведенных в Средней Сибири, взрослые самцы без жировых отложений весили от 110 до 264 кг (в среднем 189.4 кг) при длине тела 162–259 см (в среднем 193.6 см) [19]. На Алтае длина тела взрослых самцов в среднем составляет 171 см, а самок – 176 см [20].

Средние морфометрические показатели медведей из западных регионов России значительно уступают аналогичным показателям животных с Дальнего Востока. Так, в Тверской области средняя масса взрослых самцов составляет 185 кг, а взрослых самок – 133 кг при средней длине тела 190 и 167 см соответственно [21]. На северо-востоке Европейской части России медведи характеризуются относительно средними размерами: максимальная масса добытого в Архангельской области медведя приближалась к 300 кг, а средняя – 100–150 кг [22].

Известно, что размерные характеристики у бурых медведей связаны с качеством, количеством и доступностью пищевых ресурсов [23]. В регионах с обилием лососей медведи, как правило, крупнее по сравнению с животными, не имеющими доступа к данному пищевому ресурсу [16]. Так, самые крупные во всем ареале бурые медведи обитают на острове Кадьяк в Северной Америке, где важнейшим кормом для них являются лососи. Масса островных медведей здесь достигает до 635 кг у самцов и 318 кг у самок [24]. На Камчатке медведи также потребляют лососей и достигают крупных размеров [4, 25]. На Сихотэ-Алине лососи не входят в состав основных наживочных кормов бурого медведя, тем не менее им в обилии доступны другие высококалорийные корма: орехи сосны корейской (*Pinus koraiensis*) и желуди дуба монгольского (*Quercus mongolica*) [10, 26].

Морфометрические показатели бурых медведей Среднего Сихотэ-Алиня выше, чем в большинстве других регионов Евразии, что подтверждает их высокие трофейные качества. Таким образом, бурые медведи Сихотэ-Алиня наряду с их камчатскими конспецификами имеют наилучшие трофейные характеристики на евразийском континенте.

Практический интерес представляет знание размеров пальмарной и плантарной мозолей у медведей разных половозрастных групп. Ширина мозолей передней и задней лап используется как параметр, позволяющий определять пол и идентифицировать особей при следовых учетах медведей, распространенных на территории России [27]. Максимальный размер пальмарной мозоли у взрослых самок на Сихотэ-Алине составил 16.0 см. В связи с этим имеется основание в полевых условиях идентифицировать медведей, отпечаток пальмарной мозоли которых превышает 16 см, как взрослых самцов.

Из морфометрических параметров, имеющих для оценки размерных характеристик второстепенное значение, у отловленных медведей на Сихотэ-Алине замерялись длина пальцевых подушечек и когтей (по наружной кривизне) (табл. 2). В целом на передних конечностях медведей как пальцевые подушечки, так и когти были длиннее, чем на задних. Та же закономерность отмечена и для медведей на Камчатке и Сахалине [4, 9]. На передней лапе наименьшую длину имели когти на первом или пятом пальцах, в отличие от когтей на задней лапе, которые по длине относительно равномерны. Максимальная длина когтей на передней лапе составила у самцов 8.5 см, а у самок – 7.6 см. На задней конечности наибольшая длина когтей для самцов и самок была 4.7 и 4.6 см соответственно. У всех животных на Сихотэ-Алине как на передней, так и на задней лапах пальцевые подушечки первого пальца отличались наименьшей длиной.

Таблица 2

Размеры пальцевых подушечек и когтей бурых медведей, отловленных на Среднем Сихотэ-Алине в 1992–2018 гг.

Table 2. Sizes of finger pads and claws of brown bears captured in the Middle Sikhote-Alin in 1992-2018

Параметр	Средняя длина, см			
	Самцы, 7 лет и более	Самцы, 4–6 лет	Самки, 7 лет и более	Самки, 3–4 года
<i>Пальцевые подушечки передней конечности</i>				
первый	4.7 (4)	4.1 (3)	3.8 (1)	–
второй	5.4 (4)	5.0 (3)	4.5 (1)	–
третий	5.9 (4)	5.1 (3)	5.0 (1)	–
четвертый	5.9 (4)	5.0 (3)	4.7 (1)	–
пятый	5.4 (4)	4.9 (3)	4.4 (1)	–
<i>Пальцевые подушечки задней конечности</i>				
первый	3.8 (4)	3.1 (3)	3.0 (1)	–
второй	4.6 (4)	4.1 (3)	4.0 (1)	–
третий	4.8 (4)	4.2 (3)	4.3 (1)	–
четвертый	4.9 (4)	4.3 (3)	4.3 (1)	–
пятый	4.7 (4)	4.1 (3)	4.0 (1)	–
<i>Когти передней конечности</i>				
первого пальца	6.1 (12)	6.2 (6)	4.5 (5)	6.0 (2)
второго пальца	6.3 (12)	6.8 (6)	5.0 (5)	6.0 (2)
третьего пальца	6.4 (12)	6.8 (6)	5.0 (5)	5.9 (2)
четвертого пальца	6.5 (12)	6.7 (6)	4.8 (5)	5.5 (2)
пятого пальца	5.9 (12)	6.3 (6)	4.0 (5)	5.5 (2)
<i>Когти задней конечности</i>				
первого пальца	3.5 (11)	3.8 (3)	2.9 (5)	3.5 (2)
второго пальца	3.6 (11)	3.9 (3)	2.9 (5)	3.4 (2)
третьего пальца	3.5 (11)	3.7 (3)	3.0 (5)	3.2 (2)
четвертого пальца	3.4 (11)	3.9 (3)	3.0 (5)	3.5 (2)
пятого пальца	3.6 (11)	4.0 (3)	3.0 (5)	3.2 (2)

Примечание: в скобках указано количество медведей, у которых производили замер.

Заключение

Бурые медведи на Среднем Сихотэ-Алине имеют сопоставимые с камчатскими конспецификами морфометрические показатели, в первую очередь массу и длину тела. Данные показатели больше, чем на значительной части ареала вида, что дает основание считать бурых медведей Сихотэ-Алиня одними из наиболее крупных в Евразии. Таким образом, бурые медведи, обитающие на Сихотэ-Алине, имеют высокую трофейную ценность и являются ценным ресурсом для развития охоты и туризма в регионе.

Результаты, представленные в настоящем сообщении, не дают полного представления о морфометрических характеристиках бурых медведей Дальнего Востока России, но вносят вклад в изучение этого вопроса и могут служить для сравнения с другими регионами. Оценка и мониторинг морфологических показателей медведей имеют ценность для управления популяциями этих животных в первую очередь в регионах, где развита трофейная охота.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках госзадания Минобрнауки РФ (125021302113-3). Работа проведена при содействии администраций и сотрудников Сихотэ-Алинского государственного заповедника (п. Терней, Приморский край), Тихоокеанского института географии ДВО РАН (г. Владивосток) и Общества сохранения диких животных (г. Владивосток). Особый вклад в исследовательские программы, в рамках которых осуществлялся отлов бурых медведей внесли А.А. Астафьев, Е.А. Марчук, С.В. Сутырина, Д.Ю. Горшков, А.В. Костыря, Е.Н. Смирнов, Д.Г. Микелл, Д.М. Гудрич, Б.О. Шляер, К. Ямазаки и Ю. Гото.

Acknowledgments. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (125021302113-3). The work was carried out with the assistance of the administrations and staff of the Sikhote-Alin State Nature Reserve (Terney, Primorsky Krai), the Pacific Geographical Institute FEB RAS (Vladivostok) and the Wildlife Conservation Society (Vladivostok). A special contribution to the research programs, within the framework of which the capture of brown bears was carried out, was made by A.A. Astafyev, E.A. Marchuk, S.V. Soutyrina, D.Y. Gorshkov, A.V. Kostyria, E.N. Smirnov, D.G. Miquelle, J.M. Goodrich, B.O. Schleyer, K. Yamazaki and Y. Goto.

Литература

1. Гептнер В.Г., Наумов Н.П., Юргенсон П.Б., Слудский А.А., Чиркова А.Ф., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Т. 2/1. Морские коровы и хищные. М.: Высшая школа, 1967. 1004 с.
2. Kurten B. Transberingian relationship of *Ursus arctos* Linnaeus (brown and grizzly bears) // *Societas Scientiarum Fennica*. 1973. Vol. 65. P. 1–10.
3. Юдин В.Г. Особенности морфологии бурого медведя Дальнего Востока // *Медведи в СССР*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 219–233.
4. Серёдкин И.В., Пачковский Д., Ликок В.Б., Жаков В.В., Никаноров А.П., Лисицын Д.В. Основные морфометрические характеристики бурых медведей на Камчатке и Сахалине // *Вестн. Камчатского государственного технического университета*. 2017. № 41. С. 83–92.
5. Валенцев А.С., Воропанов В.Ю., Гордиенко В.Н., Кудзин К.К., Филь В.И. Мониторинг и система управления популяцией камчатского бурого медведя // *Бурый медведь Камчатки: экология, охрана и рациональное использование*. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 43–50.
6. Валенцев А.С., Жаков В.В., Снегур П.П. Динамика размерных характеристик камчатского бурого медведя // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2015. С. 26–29.
7. Baryshnikov G.F., Mano T., Masuda R. Taxonomic differentiation of *Ursus arctos* (Carnivora, Ursidae) from south Okhotsk Sea islands on the basis of morphometrical analysis of skull and teeth // *Russian J. of Theriology*. 2004. Vol. 3, N 2. P. 77–88.
8. Барышников Г.Ю., Пузаченко А.Ю. Краниометрическое разнообразие островных популяций бурого медведя (*Ursus arctos*, Carnivora) с Хоккайдо, Сахалина и Южных Курил // *Труды Зоологического института РАН*. 2009. Т. 313, № 2. С. 119–142.
9. Серёдкин И.В., Жаков В.В., Пачковский Д. Морфометрические показатели бурых медведей, отловленных с целью научных исследований на Камчатке // *Дальневост. аграрный вестн.* 2016. № 3 (39). С. 71–77.
10. Бромлей Г.Ф. Медведи юга Дальнего Востока СССР. М.;Л.: Наука, 1965. 120 с.

11. Серёдкин И.В. Применение радиотелеметрии и спутникового слежения для изучения использования территории дикими животными на Дальнем Востоке России // *Ареалы, миграции и другие перемещения диких животных: материалы Международной научно-практической конференции* (г. Владивосток, 25–27 ноября 2014 г.). Владивосток: Рея, 2014. С. 292–299.
12. Серёдкин И.В., Костыря А.В., Гудрич Д.М., Шляер Б.О., Микелл Д.Г., Керли Л.Л., Квигли К.С., Квигли Х.Б. Отлов и иммобилизация гималайских и бурых медведей с целью радиомечения // *Зоол. журн.* 2005. Т. 84, № 12. С. 1508–1515.
13. Клевезаль Г.А. Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях. М.: Наука, 1988. 288 с.
14. Guskov V.Yu. Skull-based method of age determination for the brown bear *Ursus arctos* Linnaeus, 1758 // *Achievements in the Life Sciences*. 2014. Vol. 8, N 2. P. 137–141.
15. Pasitschniak-Arts M. *Ursus arctos* // *Mammalian Species*. 1993. Vol. 439. P. 1–10.
16. Hilderbrand G.V., Gustine D.D., Mangipane B.A., Joly K., Leacock W., Mangipane L.S., Erlenbach J., Sorum M.S., Cameron M.D., Belant J.L., Cambier T. Body size and lean mass of brown bears across and within four diverse ecosystems // *J. of Zoology*. 2018. Vol. 305. P. 53–62.
17. Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР: Определитель / под ред. В.Г. Кривошеева. М.: Наука, 1984. 358 с.
18. Перовский М.Д. Морфология и экология бурого медведя о. Кунашир // *Медведи в СССР*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 233–242.
19. Завачкий Б.П. Материалы по морфологии бурого медведя Средней Сибири // *Медведи в СССР*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 131–138.
20. Собанский Г.Г. Звери Алтая. Ч. 1. Крупные хищники и копытные. Новосибирск; Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 414 с.
21. Пажетнов В.С. Бурый медведь. М.: Агропромиздат, 1990. 215 с.
22. Вайсфельд М.А. Бурый медведь. Северо-Восток Европейской территории России // *Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь*. М.: Наука, 1993. С. 37–51.
23. Hilderbrand G.V., Jenkins S.J., Schwartz C.C., Hanley T.A., Robbins C.T. Effect of seasonal differences in dietary meat intake on changes in body mass and composition in wild and captive brown bears // *Canadian Journal of Zoology*. 1999. Vol. 77. P. 1623–1630.
24. Kodiak bear fact sheet. Juneau, Alaska, USA: Alaska Department of Fish and Game, Division of Wildlife Conservation, 2008.
25. Козловский И.С., Колесников В.В. Трофейная характеристика бурого медведя в различных регионах Евразии // *Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства*. Киров: ВНИИОЗ, 2007. С. 196–198.
26. Серёдкин И.В. Сравнительный анализ спектров питания бурого и гималайского медведей на Среднем Сихотэ-Алине // *Изв. Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. 2015. Т. 14. С. 32–38.
27. Пучковский С.В., Сунцова Г.Л. Некоторые методические вопросы количественного изучения следов бурого медведя в связи с проблемой различения особей // *Медведи в СССР*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 39–49.

References

1. Geptner, V.G.; Naumov, N.P.; Yurgenson, P.B.; Sludskiy, A.A.; Chirkova, A.F.; Bannikov, A.G. Mammals of the Soviet Union. Vol. 2/1. Sea Cows and Carnivorous. Vysshaya Shkola: Moscow, Russia. 1967; 1004 p. (In Russian)
2. Kurten, B. Transberingian relationship of *Ursus arctos* Linnaeus (brown and grizzly bears). *Societas Scientiarum Fennica*. 1973, 65, 1-10.
3. Yudin, V.G. Specifics of morphology of the Far Eastern brown bear. In *Bears in the USSR*. Nauka: Novosibirsk, 1991, 219-233. (In Russian)
4. Seryodkin, I.V.; Paczkowski, J.; Leacock, W.B.; Zhakov, V.V.; Nikanorov, A.P.; Lisitsyn, D.V. Main morphometric characteristics of brown bears in Kamchatka and Sakhalin. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. 2017, 41, 83-92. (In Russian)
5. Valentsev, A.S.; Voropanov, V.Yu.; Kudzin, K.K.; Fil, V.I. Monitoring and management of the Kamchatka brown bear population. In *Kamchatka Brown Bear: Ecology, Conservation, and Sustainable Use*. Dalnauka: Vladivostok, Russia. 2006, 43-50. (In Russian)
6. Valentsev, A.S.; Zhakov, V.V.; Snegur, P.P. Dynamics of dimensional features of Kamchatka's brown bears. In *Conservation of Biodiversity of Kamchatka and Coastal Waters*. Kamchatpress: Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia. 2015, 26-29. (In Russian)
7. Baryshnikov, G.F.; Mano, T.; Masuda, R. Taxonomic differentiation of *Ursus arctos* (Carnivora, Ursidae) from south Okhotsk Sea islands on the basis of morphometrical analysis of skull and teeth. *Russian Journal of Theriology*. 2004. 3(2), 77-88.

8. Baryshnikov, G.F.; Puzachenko, A.Yu. Craniometrical variability in insular populations of brown bear (*Ursus arctos*, Carnivora) from Hokkaido, Sakhalin and South Kurils. *Proceedings of the Zoological Institute of Russian Academy of Sciences*. 2009, 313(2), 119-142. (In Russian)
9. Seryodkin, I.V.; Zhakov, V.V.; Paczkowski, J. Morphometric parameters of brown bears captured for research in Kamchatka. *Far East Agrarian Herald*. 2016, 3(39), 71-77. (In Russian)
10. Bromley, G.F. Bears of South of the Far East of the USSR. Nauka: Moscow-Leningrad, Russia. 1965; 120 p. (In Russian)
11. Seryodkin, I.V. Application of radio telemetry and satellite tracking for the territory use study of wild animals in the Russian Far East. In *Distribution, Migration and Other Movements of Wildlife: Proceeding of the International Conference* (Vladivostok, 25-27 November 2014). Reya: Vladivostok, Russia. 2014, 292-299. (In Russian)
12. Seryodkin, I.V.; Kostyrya, A.V.; Goodrich, D.M.; Schleyer, B.O.; Miquelle, D.G.; Kerley, L.L.; Quigley, K.S.; Quigley, H.B. Capture and immobilization of Asiatic black and brown bears for radio marking. *Zoologicheskii zhurnal*. 2005, 84(12), 1508-1515. (In Russian)
13. Klevezal, G.A. Recording Structures of Mammals in Zoological Research. Nauka: Moscow, 1988; 288 p. (In Russian)
14. Guskov, V.Yu. Skull-based method of age determination for the brown bear *Ursus arctos* Linnaeus, 1758. *Achievements in the Life Sciences*. 2014, 8(2), 137-141.
15. Pasitschniak-Arts, M. *Ursus arctos*. *Mammalian Species*. 1993, 439, 1-10.
16. Hilderbrand, G.V.; Gustine, D.D.; Mangipane, B.A.; Joly, K.; Leacock, W.; Mangipane, L.S.; Erlenbach, J.; Sorum, M.S.; Cameron, M.D.; Belant, J.L.; Cambier, T. Body size and lean mass of brown bears across and within four diverse ecosystems. *Journal of Zoology*. 2018, 305, 53-62.
17. Terrestrial mammals of the USSR Far East: Identification guide / ed. V.G Krivosheev. Nauka: Moscow, Russia. 1984; 358 p. (In Russian)
18. Perovskiy, M.D. Morphology and ecology of the brown bear of Kunashir Island. In *Bears in the USSR*. Nauka: Novosibirsk, Russia. 1991, 233-242. (In Russian)
19. Zavatskiy, B.P. Materials on the morphology of the brown bear of Central Siberia. In *Bears in the USSR*. Nauka: Novosibirsk, 1991, 131-138. (In Russian)
20. Sobanskiy, G.G. Animals of Altai. Part 1. Large Predators and Ungulates. KMK Scientific Press: Novosibirsk–Moscow, Russia. 2008; 414 p. (In Russian)
21. Pazhetnov, V.S. The Brown Bear. Agropromizdat: Moscow, 1990; 215 p. (In Russian)
22. Vaisfeld, M.A. The brown bear. The North-East of European Russia. In *Bears: Brown Bear, Polar Bear, Asian Black Bear*. Nauka: Moscow, Russia. 1993, 37-51. (In Russian)
23. Hilderbrand, G.V.; Jenkins, S.J.; Schwartz, C.C.; Hanley, T.A.; Robbins, C.T. Effect of seasonal differences in dietary meat intake on changes in body mass and composition in wild and captive brown bears. *Canadian Journal of Zoology*. 1999, 77, 1623-1630.
24. Kodiak bear fact sheet. 2008. Alaska Department of Fish and Game, Division of Wildlife Conservation: Juneau, Alaska, USA, 2008.
25. Kozlovskiy, I.S. Trophy characteristics of the brown bear in different regions of Eurasia. In *Modern Problems of Nature Management, Hunting and Animal Husbandry*. VNIIOZ: Kirov, Russia. 2007, 196-198. (In Russian)
26. Seryodkin, I.V. Diet composition of brown bear and Asiatic black bear in the Middle Sikhote-Alin (Russian Far East): comparative study. *Bulletin of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"*. 2015, 14, 32-38. (In Russian)
27. Puchkovskiy, S.V.; Sunsova, G.L. Some methodological issues of quantitative study of brown bear tracks in connection with the problem of distinguishing individuals. In *Bears in the USSR*. Nauka: Novosibirsk, Russia. 1991, 39-49. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 7.08.2024; одобрена после рецензирования 27.09.2024; принята к публикации 4.10.2024.

The article was submitted 7.08.2024; approved after reviewing 27.09.2024; accepted for publication 4.10.2024.



Причины формирования наводнения в бассейне реки Раздольная в 2023 году

Ирина Альбертовна ЛИСИНА¹,
кандидат географических наук, доцент
lisina.ia@dvfu.ru

Денис Николаевич ВАСИЛЕВСКИЙ²,
инженер
dwassil@mail.ru

Любовь Николаевна ВАСИЛЕВСКАЯ¹
кандидат географических наук, доцент
vasilevskaya.ln@dvfu.ru

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

²Дальневосточный филиал ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», Владивосток, Россия

Аннотация. В данной статье выполнена оценка причин, вызвавших высокое наводнение в бассейне трансграничной р. Раздольная (Суйфун) в августе 2023 г. На основе анализа обширных метеорологических, синоптических, гидрологических и спутниковых материалов было установлено, что на протяжении всего августа в бассейне реки выпадали сильные ливневые осадки, сначала в верховьях, на территории КНР, затем в среднем течении и, наконец, на всей территории водосбора. Осадки переувлажняли бассейн на протяжении месяца и вызвали 3 мощных паводка в нижнем течении. Первый, самый интенсивный и быстроразвивающийся, наблюдался 10–13 августа. Из-за переполнения водохранилищ, расположенных на основном русле р. Суйфун в КНР, были произведены пуски воды, что вызвало «цепную реакцию» в ее среднем и нижнем течении: на сток, уже сформированный непосредственно в русловой системе осадками высокой интенсивности, наложился дополнительный объем добежавшей паводочной волны из верхнего течения р. Суйфун. Второй паводок прошел 24–27 августа, а третий – с 30 августа по 1 сентября. Показано, что такой характер развития паводковой ситуации был обусловлен сложившейся особой формой глобальной атмосферной циркуляции, проявившейся в квазипостоянстве положения интенсивной высотной фронтальной зоны; аномальным северным местоположением субтропического струйного течения; блокировкой западного переноса устойчивым высотным гребнем северо-тихоокеанского антициклона. Эти макромасштабные процессы в тропосфере и верхней стратосфере вызвали аномальный прогрев как приземного слоя воздуха, так и поверхностных вод Японского моря, обострение фронтальных разделов, возникновение волновых циклонов и выход тропических циклонов на северо-восточную часть Китая и Корейский полуостров.

Ключевые слова: катастрофический паводок, р. Раздольная, уровень воды, экстремальные атмосферные осадки, глобальная атмосферная циркуляция

Для цитирования: Лисина И.А., Василевский Д.Н., Василевская Л.Н. Причины формирования наводнения в бассейне реки Раздольная в 2023 году // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 73–81. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_6.

Causes of a flood formation in the Razdolnaya River basin in 2023

Irina A. LISINA¹,
Candidate of Geographical Sciences, Associate professor
lisina.ia@dvfu.ru

Denis N. VASILEVSKY²,
Engineer
dwassil@mail.ru

Lubov' N. VASILEVSKAYA¹
Candidate of Geographical Sciences, Associate professor
vasilevskaya.ln@dvfu.ru

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

²Far Eastern Branch of the Federal State Budgetary Institution "Russian Scientific Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources", Vladivostok, Russia

Abstract. The purpose of this article is to assess the causes of the formation of catastrophic floods in the Razdolnaya River basin (Suifen) in 2023. All floods in Primorsky Krai are the result of the release or influence of tropical cyclones on the krai's territory, but it is not a sufficient condition for high flooding. Therefore, the assessment of the reasons that caused such severe floods in August 2023 was carried out. Based on the analysis of hydrometeorological data, it was found that the catastrophic flooding in the Razdolnaya River basin was caused by high-intensity precipitation, which waterlogged the drainage basin throughout the month and caused 3 powerful floods during the "volley" rains: the first, the most intense, rapidly developing flood, occurred on August 10-13, the second – on August 24-27, and the third - on August 30 - September 1st. This pattern of development of flood situations was due to a number of reasons namely: the prevailing special form of global atmospheric circulation (the main reason), manifested in the quasi-constancy of an intense high-altitude frontal zone; the anomalously northern location of the subtropical jet stream; the blocking of western transfer by a stable high-altitude the crest of the North Pacific anticyclone. The macroscale processes that developed in this way in the troposphere and upper stratosphere caused abnormal warming up of both the surface air layer and the surface waters of the Sea of Japan; exacerbation of frontal sectors; the occurrence of wave cyclones and the release of tropical cyclones to the northeast of China and the Korean peninsula. The extreme rains that fell on the Chinese territory on August 1-3 caused the catastrophic nature of the first flood, due to the overflow of riverbeds in China, water was released from reservoirs located in the main channel of the Suifen River, which caused a "chain reaction" in its middle and lower reaches. To the runoff formed directly in the riverbed system by high-intensity precipitation in the entire catchment area (August 3-11), slope runoff and an additional volume of floodwaters from the upper reaches of the Razdolnaya River (Suifen) added. As a result, on August 12, 2023, the water level at the Razdolnaya River Post at Terekhovka Settlement has reached its maximum level. The second flood, classified as an adverse event, occurred on August 24-27 and was caused by intense multi-day precipitation in the lower and middle reaches. The final wave of frontal precipitation that fell throughout the catchment area occurred on August 29-30, which led to the rise of the third flood to the category of dangerous phenomenon.

Keywords: catastrophic flooding, Razdolnaya River, water level, extreme atmospheric precipitation, global atmospheric circulation

For citation: Lisina I.A., Vasilevsky D.N., Vasilevskaya L.N. Causes of a flood formation in the Razdolnaya River basin in 2023. *Pacific Geography*. 2025;(1):73-81. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_6.

Введение

На фоне современных климатических изменений значительно возрастает повторяемость экстремальных явлений в летние сезоны, что обусловлено в том числе изменением температурной стратификации атмосферы, ее влагоемкости и усилением в ней конвективных процессов. В результате этого наблюдается учащение паводков, вызывающих высокие наводнения, которые, как правило, обусловлены выпадением очень сильных ливневых осадков [1]. Вызванные этими ливнями резкие подъемы уровня рек и водохранилищ приводят к выдающимся наводнениям на юге Дальнего Востока, поскольку гидротехнические сооружения (например, устаревшие дамбы) и неочищенные русла рек не рассчитаны на столь высокие, стремительно увеличивающиеся объемы воды.

В августе 2023 г. на р. Раздольная (юг Приморского края) произошло наводнение, ставшее самым серьезным за последние 10 лет. В г. Уссурийск в целом пострадало 35–40 % инфраструктуры города, с подтопленных территорий было эвакуировано более 1000 человек; резкий и значительный подъем воды не выдержало недостроенное гидротехническое сооружение (10 августа 2023 г. уровень воды в р. Раздольная поднялся до рекордных 11 м).

Река Раздольная является трансграничным водотоком – ее верховье находится на горной территории в КНР, в то время как большая часть реки (191 из 245 км) протекает по равнинной российской территории. Резкие различия орографических и циркуляционных условий формирования стока реки на территории двух соседних государств предполагают, на наш взгляд, развитие катастрофического наводнения в российской части реки по трем гипотетическим сценариям. Первый – обильные осадки выпадают только в верхнем течении р. Суйфун (так называется река в Китае): тогда на территорию РФ может быть сброшена часть воды из китайских водохранилищ, что приведет к подтоплению поймы реки распластывающейся волной. Второй – обильные осадки выпадают только на территории РФ; в этом случае картина развития наводнения будет определяться характером и длительностью выпадения атмосферных осадков. И, наконец, третий сценарий – обильные осадки выпадают над всем бассейном реки, тогда наводнение приобретает катастрофический характер. Этот тип формирования наводнения и наблюдался в течение всего августа 2023 г., когда обильные осадки выпадали практически на всем водосборе р. Раздольная.

Целью настоящей статьи является оценка причин формирования катастрофических паводков в бассейне р. Раздольная (р. Суйфун) в августе 2023 г.

Материалы и методы

Поскольку объектом исследования являлись гидрометеорологические условия, формирующие высокие паводки, то для анализа привлекались материалы метеорологического, синоптического, гидрологического и спутникового архивов. Данные восьмисрочных метеорологических наблюдений на станции г. Уссурийск (за июль–сентябрь 2023 г.) и г. Владивосток (за 2021–2023 гг.), включающие наблюдения за состоянием почвы и атмосферными осадками, взяты из архива gr5 [2]; среднемесячная температура воздуха на станции г. Владивосток за 1966–2020 гг. взята с сайта ВНИГМИ-МЦД [3]; развитие синоптических процессов изучалось по приземным и высотным картам Японского метеорологического агентства [4] и Гидрометцентра РФ [5]; гидрологическая обстановка в бассейне р. Раздольная в августе 2023 г. на двух створах (г. Уссурийск и с. Тереховка) отслеживалась по оперативным данным на сайте Приморского УГМС [6] и Дальневосточного УГМС [7]; информация об атмосферных осадках в верхнем течении р. Суйфун (Раздольная) получена с сайта G-Portal (Japan Aerospace Exploration Agency). Материал этого японского сайта о глобальном распределении осадков в режиме, близком к реальному времени, объединяет данные, полученные с главного спутника GPM и Системы наблюдения за гидрологическими изменениями (SHIZUKU) (GCOM-W), с данными метеорологических спутников, таких как Химавари [8].

Районом исследования является бассейн трансграничной р. Раздольная – наиболее значительной водной артерии южного Приморья. Истоки ее и верхнее течение находятся на территории КНР. Образуется она слиянием рек Сяосуйфэньхэ и Дасуйфэньхэ, бассейны которых расположены в пределах Восточно-Маньчжурского нагорья. От места слияния р. Раздольная течет на восток. На территории Приморского края у с. Новогеоргиевка она делает поворот и течет далее до г. Уссурийск в юго-восточном направлении. Около г. Уссурийск река круто поворачивает на юг и до своего устья сохраняет это направление. Впадает р. Раздольная в Амурский залив Японского моря в 3 км к западу от с. Тавричанка и в 20 км к северо-западу от г. Владивосток. Перед впадением в залив река разветвляется на несколько рукавов и образует дельту (главным является левый рукав) [9].

Общая длина реки – 245 км (от истока р. Сяосуйфэньхэ – 414 км), по территории Приморского края она протекает на протяжении 191 км. Однако площадь бассейна в пределах края (6 820 км²) составляет всего 41 % от общей водосборной площади. К тому же характеристики реки резко различаются: в верхнем течении в пределах китайской провинции Хэйлунцзян она представляет собой горную реку, а в пределах российской территории – реку равнинного типа с сильной извилистостью в нижнем течении (что является одной из основных причин частых наводнений в низовьях, где расположен второй по численности населения Приморья г. Уссурийск). Общее падение реки – 880 м, средний уклон ее 2.13 ‰ (в пределах Приморского края 0.45 ‰).

Ширина поймы меняется в зависимости от участка, достигая на некоторых из них величины 5–8 км. Полное затопление поймы происходит во время очень больших паводков, продолжительность стояния воды не превышает 2–5 дней. Скорости течения меняются от весьма незначительных до 1.5 м/с. Преобладающая ширина реки 100–150 м. Берега ее преимущественно крутые и обрывистые, высотой от 0.5 до 5 м.

Водный режим характеризуется относительно низким весенним половодьем и несколькими летне-осенними дождевыми паводками. В питании реки преобладают дождевые воды, сток талых вод не превышает 5–10 %. Гидрологический режим р. Раздольная в настоящее время изучается на 8 постах: 3 поста на основной реке, 5 постов на ее притоках [9].

Результаты и их обсуждение

Причины затоплений обширных территорий в бассейнах дальневосточных рек в XX в. анализируются многими авторами. Большая часть работ посвящена наводнениям в бассейне р. Амур [10–13]. При этом недостаточно изучены условия формирования катастрофических паводков на реках Приморского края. Основная часть исследований базируется на оценках площади и масштабов затопления, выполненных по данным радиолокационных станций с синтезированной апертурой, установленных на борту искусственных спутников Sentinel [14, 15].

Безусловно, все паводки – это следствие влияния на территорию Приморского края тропических циклонов, однако это не является достаточным условием для формирования высокого наводнения. К примеру, проведенный сравнительный анализ «реакции» речной системы р. Партизанская на «однотипную» траекторию перемещения тропических циклонов за 1980 и 2022 гг. показал, что катастрофическое наводнение 2022 г. было обусловлено кратковременным выпадением очень сильных ливневых осадков и предшествующим двухмесячным увлажнением водосбора, тогда как в 1980 г. осадки меньшей интенсивности выпадали в течение более продолжительного времени и не вызвали высокого паводка [16].

По многолетним исследованиям [9] примерно раз в 2 года вода частично затопляет пойму р. Раздольная, но с 2016 г. превышение среднеголетних значений максимальных уровней воды на посту с. Тереховка (исключением является 2021 г.) фиксировалось каждый год [17].

Наиболее высокие паводки, повторяющиеся 1 раз в 7 лет, вызывают катастрофические наводнения, в результате которых частично или полностью затопляются посевы, сенокосы, населенные пункты, расположенные в долине р. Раздольная. Примерно 1 раз за 16 лет проходят исключительно большие паводки, высота подъема уровней достигает 5–6 м над УУВ (условным уровнем воды). Наибольшая интенсивность подъема уровней во время наводнений составляет 3–5 м в сутки. Увеличение стока от истока к устью происходит сравнительно равномерно. Максимальные расходы дождевых паводков превышают среднегодовые примерно в 20 раз, а в отдельные годы в 100 раз и более. Как правило, наибольший сток отмечается в августе–сентябре.

Катастрофический паводок, развившийся в августе 2023 г., был обусловлен особой структурой термобарического поля в средней тропосфере, сложившейся на фоне глобального потепления климата. Динамика изменения температуры воздуха 4 месяцев (июнь–сентябрь) 2023 г. в г. Владивосток (расположенном недалеко от устья р. Раздольная) показывает устойчивое потепление на 0.26–0.39 °C/10 лет (быстрее повышается температура в июне и сентябре, а медленнее – в июле и августе). В 2023 г. июнь был экстремально теплым (среднемесячная температура 16.6 °C, что на 2.8 °C выше нормы). Средняя температура июля превысила норму (базовый период 1991–2020 гг.) на 2.3 °C и составила 20.4 °C; это вторая по величине после 2021 г. аномалия для июля, тогда температура этого месяца была выше (21.3 °C). В августе превышение среднемноголетних значений температуры воздуха составило 1 °C, а средняя температура сентября явилась абсолютным экстремумом за последние 58 лет (18.5 °C – на 2.3 °C выше нормы).

Температура поверхности Японского моря следовала за температурой воздуха и была также аномально высокой, аномалии во второй декаде июня и первой декаде августа составляли от 4 до 5 °C [17].

Столь повышенный температурный фон системы океан–атмосфера отмечался на довольно большой территории, включая Японские острова (на севере и востоке Японии с середины июля наблюдались рекордно высокие температуры воздуха). В целом температура воздуха летом 2023 г. была самой высокой с момента метеорологических наблюдений (с 1898 г.), что, по мнению японских гидрометеорологов, объясняется глобальным летним потеплением и влечет за собой увеличение объема водяного пара в атмосфере [8].

Помимо чрезвычайно высоких температур летом 2023 г., к факторам, вызвавшим обильные проливные дожди на Японских островах, относятся: смещение субтропического струйного течения на север (скорее всего, это обусловлено влиянием волновой конфигурации, возникшей над Европой и Средиземноморьем), усиление волновой активности на субтропическом атмосферном фронте и выходы непосредственно на территорию Японии 3 супертайфунов из-за рекордного блокирующего воздействия северо-тихоокеанского антициклона [18].

Выводы японских метеорологов о рекордном блокировании западного переноса в августе 2023 г. подтверждаются характером высотного поля в средней тропосфере [3]: высотный гребень устойчиво распространялся на Магаданскую область (аномалии в его области достигали +2–(+4) геопотенциальных дкм), а высотная полярная ложбина – на север Желтого моря (аномалии составляли -2–(-6) геопотенциальных дкм).

Именно такие макроциркуляционные условия, создавшиеся в конце июля и августе 2023 г., определили погодные условия на территории Приморского края. Основной фронтальный раздел в августе был малоподвижным и располагался вдоль 40–43° с.ш., он представлял собой слияние южной ветви фронта умеренных широт и субтропического фронта. Интенсивность фронтального раздела превышала 20 дкм/1000 км, по [17] аномалии температуры воздуха в теплой воздушной массе, прилегающей к фронту, в среднем за месяц превышали +3 °C, в холодной воздушной массе аномалии были ниже -1 °C.

На фоне сложившейся картины макромасштабной циркуляции региональные атмосферные процессы, предшествующие августовским паводкам в бассейне р. Раздольная,

развивались следующим образом: тайфун «Доксури» принес на северо-восток Китая 1–3 августа проливные дожди, ставшие самыми сильными за всю историю метеонаблюдений в этом регионе (рис. 1а). Он увеличил количество тепла и влаги и в атмосфере Приморья, обострив проходящие атмосферные фронты, которые вызвали локальные дожди различной интенсивности в бассейне р. Раздольная.

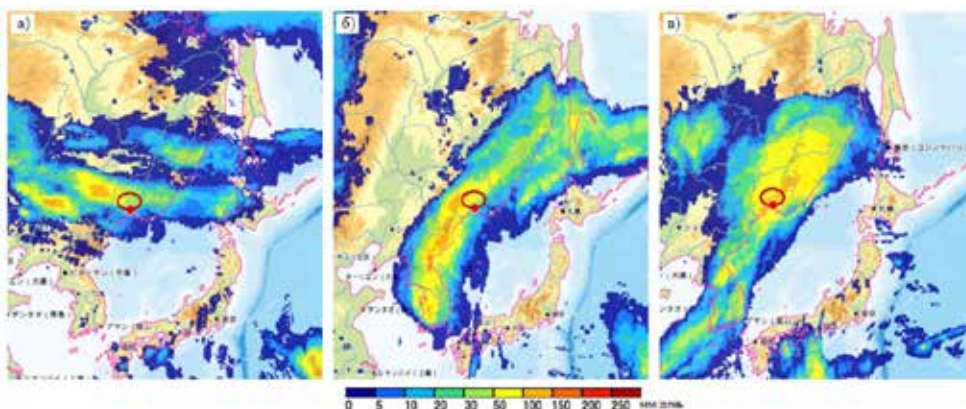


Рис. 1. Поле атмосферных осадков за 2 августа (а), 11 августа (б) и 30 августа (в) 2023 г. (красная линия – контур бассейна р. Раздольная) [8]

Fig. 1. Precipitation field on August 2 (a), August 11 (b) and August 30 (c), 2023 (red line – contour of the Razdolnaya River basin) [8]

При этом поверхности водосборов речной системы р. Раздольная, находясь в состоянии полной влагоемкости, стали водоупорными для дождевой воды. По наблюдениям на метеостанции г. Уссурийск почва начиная с 3 августа была влажной, сырой или затопленной водой вплоть до конца месяца (лишь 2 дня, 20 и 21 августа, она была относительно сухой).

С 3 августа на р. Раздольная начинается подъем уровня, который 6 августа достигает отметок выхода воды на пойму в створах г. Уссурийск и с. Тереховка (рис. 2). По мере продолжения дождей с этой даты начинается формирование и прохождение быстроразвивающегося паводка. За сутки вода в створе г. Уссурийск достигает уровня неблагоприятного явления (НЯ) (подъем составляет 1.5 м), затопливаются пониженные территории.

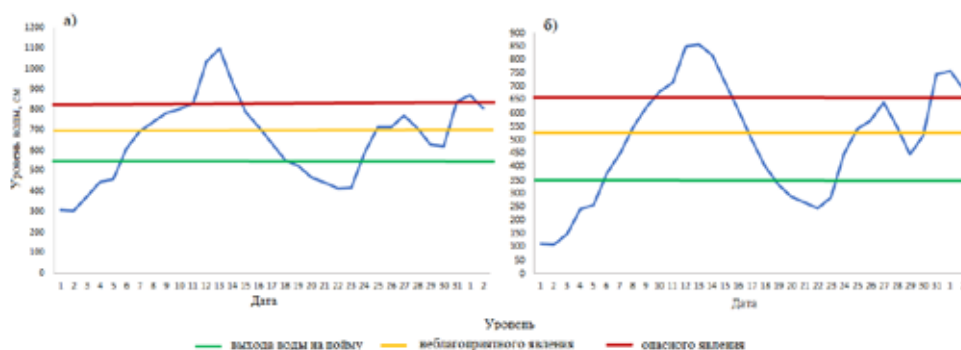


Рис. 2. График хода уровней воды в створах на р. Раздольная – г. Уссурийск (а) и с. Тереховка (б) за период 01.08–02.09.2023 г.

Fig. 2. Graphs of water levels of the Razdolnaya River in the sections - Ussuriysk City (a) and Terekhovka Settlement (b) for the period 01.08-02.09.2023

В связи с развитием паводка в с. Тереховка подъем уровня за трое суток (06.08–09.08.2023) составил 2 м и достиг НЯ. Создалась угроза достижения критических отметок уровней воды с подтоплением участков дорог, низководных мостов, хозяйственных объектов. Водность р. Раздольная в этот период в среднем и нижнем течении превысила норму в 4.7–6.0 раза. Количество осадков с 3 по 8 августа на этой территории составило около 80 мм.

11 августа в среднем течении реки выпало максимальное за август суточное количество осадков – 125 мм (около месячной нормы), а в нижнем – 41 мм (см. рис. 16). На характер выпадения дождей прямое влияние оказал бывший тропический циклон «Ханум» и полярный фронт. В г. Уссурийск сильные и очень сильные дожди в условиях повышенной водности и переувлажнения территории бассейна привели к вечеру 11 августа к достижению уровнем воды отметки опасного явления (820 см). В створе с. Тереховка вследствие интенсивного быстроразвивающегося паводка критические отметки уровня были достигнуты к утру 12 августа 2023 г.; 12–13 августа зафиксированы максимальные уровни воды: 1118 см (г. Уссурийск) и 891 см (с. Тереховка). Подъем воды за сутки составил соответственно 2.98 и 1.41 м. Пик паводка во втором створе был достигнут на 12 ч раньше, чем в первом.

Далее происходит спад уровня воды, который опускается до отметки выхода воды на пойму к 18 августа (в этот период водность р. Раздольная остается выше нормы в 7 раз). Интенсивность спада составляет преимущественно 1.1 – 0.84 м/сут. Отмечается постепенное освобождение поймы от подтопления. К 22 августа уровень фиксируется на «допаводочных» отметках в 409 и 241 см.

Однако 23 августа южный волновой циклон с системой атмосферных фронтов, образовавшийся над Желтым морем, вызвал очень сильные дожди – в нижнем течении выпало около 110 мм, а в среднем – 71 мм осадков. За эти прошедшие сутки сильные дожди обусловили подъем уровня, который к 24 (г. Уссурийск) и 27 августа (с. Тереховка) превысил категорию НЯ. Значительная волна фронтальных осадков наблюдалась 29–30 августа. На рис. 1в по спутниковым данным приведено суточное распределение осадков 30 августа, когда в нижнем течении р. Раздольная выпало до 180 мм дождя (что превысило месячную сумму осадков).

В условиях прохождения циклона, сопровождаемого сильными и очень сильными дождями, с 30 августа наблюдался подъем новой волны паводка, при достижении опасных гидрологических отметок (874 и 770 см) отмечались значительные подтопления территорий. Подъем воды за эту волну паводка составлял 1.4–0.8 м за сутки. За период 31 августа – 1 сентября фиксировались максимальные уровни воды (см. рис. 2); со 2 сентября начался интенсивный их спад.

В результате поступления огромного количества пресной воды из р. Раздольная и выпадения обильных осадков непосредственно на акваторию Амурского залива произошло значительное опреснение морской воды в заливе.

В итоге пострадали предприятия, ориентированные на производство аквакультуры. Например, в б. Экспедиции в Хасанском районе в поверхностных слоях вода была практически пресная, на мелководье наблюдалась гибель объектов выращивания, а в морскую акваторию вынесло пресноводные организмы.

Заключение и выводы

Выдающееся наводнение в августе 2023 г. в бассейне р. Раздольная обусловили интенсивные осадки, которые переувлажняли водосборный бассейн на протяжении месяца и во время «залповых» ливней вызвали 3 мощных паводка: первый, самый интенсивный быстроразвивающийся, паводок наблюдался 10–13 августа, второй – 24–27 августа, а третий – 30 августа–1 сентября.

Такой характер развития паводковой ситуации был обусловлен рядом причин: сложившейся особой формой глобальной атмосферной циркуляции, проявившейся в квазипо-

стоянстве интенсивной высотной фронтальной зоны; аномально-северным местоположением субтропического струйного течения; блокировкой западного переноса устойчивым высотным гребнем северо-тихоокеанского антициклона. Наблюдавшиеся таким образом в тропосфере и верхней стратосфере макромасштабные процессы вызвали: аномальный прогрев как приземного слоя воздуха, так и поверхностных вод Японского моря; обострение фронтальных разделов; возникновение волновых циклонов и выход тропических циклонов на северо-восток Китая, Корейский полуостров и Японские острова.

Выпавшие на китайской территории 1–3 августа экстремальные дожди обусловили катастрофичность первого паводка: в КНР были произведены попуски воды из водохранилищ, расположенных в основном русле р. Суйфун, что вызвало «цепную реакцию» в ее среднем и нижнем течении. В результате осадков высокой интенсивности 3–11 августа и добегания паводочной волны с верхнего течения реки 12 августа 2023 г. уровень воды на посту наблюдений р. Раздольная – с. Тереховка достиг отметки 891 см, превысив предыдущий исторический максимум на 20 см (в августе 1943 г. – 871 см).

Второй паводок, вызвавший подъем уровня воды до отметок неблагоприятного явления, произошел 24–27 августа и был обусловлен интенсивными многодневными осадками (превысившими месячную норму) в нижнем и среднем течении. Заключительная волна фронтальных осадков (в среднем они составили около двух третей месячной нормы), которые выпали на всей территории водосборного бассейна реки, наблюдалась 29–30 августа; сильные и очень сильные дожди 30 августа–1 сентября вызвали подъем уровня воды, превысившего категорию опасного явления.

Не исключается возможность влияния на процесс формирования паводков в бассейне р. Раздольная в 2023 г. таких антропогенных факторов, как вырубка лесов, распашка пойм, засорение русел рек, попуски воды из китайских водохранилищ, несовершенство гидротехнических сооружений.

Литература

1. Федоровский А.С., Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Милаев В.М. Ливневые дожди как фактор наводнений в Приморском крае // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 4. С. 144–168.
2. Архив погоды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tp5.ru/> (дата обращения: 14.11.2023).
3. Сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://meteo.ru/data> (дата обращения: 20.01.2024).
4. Сайт Японского метеоагентства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.jma.go.jp/bosai/weather_mar (дата обращения: 14.11.2023).
5. Сайт Гидрометцентра России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 03.09.2023).
6. Сайт Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.primgidromet.ru> (дата обращения: 17.10.2023).
7. Геоинформационный портал ГидроДФО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meteo-dv.ru/hydro_dfo/ (дата обращения: 01.10.2023).
8. Сайт G-Portal (Japan Aerospace Exploration Agency). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gportal.jaxa.jp/gpr/> (дата обращения: 14.11.2023).
9. Ресурсы поверхностных вод СССР, т. 18, вып. 3. Приморье / под ред. А.П. Муранова. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 452 с.
10. Болгов М.В., Трубецкова М.Д., Филиппова И.А., Харламов М.А. Особенности выпадения экстремальных осадков в бассейне реки Амур летом 2013 г. // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 37–45.
11. Махинов А.Н., Ким В.И., Воронов Б.А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия // Вестн. ДВО РАН. 2014. № 2. С. 5–14.
12. Мезенцева Л.И., Соколов О.В., Друзь Н.И. Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком в 2013 г. при экстремальном наводнении в бассейне Амура // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 261–272.
13. Василевская Л.Н., Лисина И.А., Василевский Д.Н., Агеева С.В., Подвербная Е.Н. Метеорологические условия формирования сильного наводнения в бассейне реки Амур в 2019 году. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 2 (376). С. 90–108.
14. Дубина В.А., Шамов В.В., Плотников В.В. Катастрофическое наводнение в Приморье в августе 2018 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 5. С. 253–256.

15. Дубина В.А., Плотников В.В., Круглик И.А., Дабижа М.К., Черномырдина И.Н., Ромашечкина Е.А. Результаты экологического спутникового мониторинга юго-востока России в 2018 г. // Научные труды Дальрыбвтуза. 2019. Т. 47, № 1. С. 5–12.
16. Лисина И.А., Василевская Л.Н., Василевский Д.Н., Крамарева Л.С., Шамилова Ю.А. Анализ причин наводнения на реке Партизанская (Приморский край) в сентябре 2022 года // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 1 (387). С. 102–119.
17. Анализ гидрометеорологических процессов и погодных условий в августе 2023 г. по территории Приморского края. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/science/Articles/weatherconditions_aug2023.pdf (дата обращения: 17.10.2023).
18. Climate characteristics and factors behind heavy rainfall during the Baiu1 season in 2023 and extremely high temperatures from mid-July onward. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.data.jma.go.jp/tcc/data/news/press_20230928.pdf (дата обращения: 15.10.2023).

References

1. Fedorovskiy, A.S.; Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M.; Milayev, V.M. Rain storms as a flood factor in aritime region. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2019, 4, 144-168. (In Russian)
2. Weather Archive. Available online: <https://rp5.ru/> (accessed on 14 November 2023). (In Russian)
3. Website of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. Available online: <http://meteo.ru/data>. (accessed on 20 January 2024). (In Russian)
4. The website of the Japanese Meteorological Agency. Available online: https://www.jma.go.jp/bosai/weather_map (accessed on 14 November 2023). (In Russian)
5. Website of the Hydrometeorological Center of Russia. Available online: <https://meteoinfo.ru>. (accessed on 09 September 2023). (In Russian)
6. Website of the Primorsky Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Available online: <http://www.primgidromet.ru>. (accessed on 17 October 2023). (In Russian)
7. Geoinformation portal of HydroDFO. Available online: https://meteo-dv.ru/hydro_dfo/ (accessed on 01 October 2023). (In Russian)
8. G-Portal website (Japan Aerospace Exploration Agency). Available online: <https://gportal.jaxa.jp/gpr/> (accessed on 14 November 2023). (In Russian)
9. Surface water resources of the USSR, vol. 18, issue 3, Primorye / edited by A.P. Muranov. Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1972; 452 p. (In Russian)
10. Bolgov, M.V.; Trubetskova, M.D.; Filippova, I.A.; Kharlamov, M.A. Features of extreme precipitation in the Amur River basin in the summer of 2013. *Geography and natural resources*. 2017, 2, 37-45. (In Russian)
11. Makhinov, A.N.; Kim, V.I.; Voronov, B.A. The 2013 Amur Basin flood: causes and consequences. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2014, 2, 5-14. (In Russian)
12. Mezentseva, L.I.; Sokolov, O.V.; Druz, N.I. Atmospheric circulation over the Far East in 2013 during extreme flooding in the Amur basin. *Izvestiya TINRO*. 2015, 180, 261-272. (In Russian)
13. Vasilevskaya, L.N.; Lisina, I.A.; Vasilevsky, D.N.; Ageeva, S.V.; Podverbnaya, E.N. Meteorological conditions formation of severe flooding in the Amur River basin in 2019. *Hydrometeorological Research and Forecasting*. 2020, 2 (376), 90-108. (In Russian)
14. Dubina, V.A.; Shamov, V.V.; Plotnikov, V.V. Catastrophic flooding in Primorye in August 2018. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2018, 15(5), 253-256. (In Russian)
15. Dubina, V.A.; Plotnikov, V.V.; Kруглик, И.А.; Дабизжа, М.К.; Черномырдина, И.Н.; Ромашечкина, Е.А. Results of environmental satellite monitoring of the South-East of Russia in 2018. *Scientific journal of Dalrybvtuz*. 2019, 47(1), 5-12. (In Russian)
16. Lisina, I.A.; Vasilevskaya, L.N.; Vasilevsky, D.N.; Kramareva, L.S.; Shamilova, Yu.A. Analysis of the causes of flooding on the Partizanskaya River (Primorsky Krai) in September 2022. *Hydrometeorological Research and Forecasting*. 2023, 1(387), 102-119. (In Russian)
17. Analysis of hydrometeorological processes and weather conditions in August 2023 on the territory of Primorsky Krai. Available online: http://www.ferhri.ru/images/stories/FERHRI/science/Articles/weatherconditions_aug2023.pdf (accessed on 17 October 2023). (In Russian)
18. Climate characteristics and factors behind heavy rainfall during the Baiu1 season in 2023 and extremely high temperatures from mid-July onward. Available online: https://www.data.jma.go.jp/tcc/data/news/press_20230928.pdf (accessed on 15 October 2023).

Статья поступила в редакцию 13.03.2024; одобрена после рецензирования 18.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 13.03.2024; approved after reviewing 18.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.

Географические исследования и открытия А.Ф. Миддендорфа на Дальнем Востоке России (к 180-летию экспедиции на Дальний Восток)

Алексей Николаевич МАХИНОВ
доктор географических наук, главный научный сотрудник
amakhinov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4914-1408>

Александр Леонидович АНТОНОВ
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
antonov@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2968-4384>

Институт водных и экологических проблем ХФИЦ ДВО РАН, Хабаровск, Россия

Аннотация. На основе анализа «хода путешествия» и карт, опубликованных в книге А.Ф. Миддендорфа «Путешествие на Север и Восток Сибири», приводится краткое описание маршрута научной экспедиции А.Ф. Миддендорфа в 1844–1845 гг. по территории современных Хабаровского края и Амурской области и представлены физико-географические, в том числе зоогеографические открытия. Указанные в этих материалах даты и точные привязки местности позволяют определить места исследований и скорость передвижения экспедиции. А.Ф. Миддендорфом впервые было дано научное описание нескольких горных хребтов, рек, долин, а также морских берегов, особенностей растительного и животного мира. Составлена карта Станового хребта и сопредельных территорий бассейнов рек Алдан и Амур, а также юго-западного побережья Охотского моря. Особую ценность представляют данные наблюдений за различными природными процессами, обусловленными географическим положением исследуемой территории. Впервые описан карстовый рельеф плато Мар-Кюель и выявлены особенности морфологии русел и водного режима рек в его пределах. Особую ценность представляют данные о строении наледей и их влиянии на прилегающие территории. Впервые получены сведения о строении и динамике морских берегов и устьев впадающих в Охотское море рек в условиях высоких приливов. Проведено комплексное обследование острова Медвежий и двух островов Шантарского архипелага. Выявлена роль древесных плотин в формировании речных русел. Впервые указаны основные особенности животного мира региона, выявлены ареалы некоторых видов животных. Приводятся уникальные сведения о жизни и быте коренных народов обследованной территории. Результаты экспедиции имели большое фундаментальное географическое и биологическое, а также геополитическое значение и во многом позволили принять впоследствии важное решение о присоединении значительной части бассейна р. Амур к Российской империи.

Для цитирования: Махинов А.Н., Антонов А.Л. Географические исследования и открытия А.Ф. Миддендорфа на Дальнем Востоке России (к 180-летию экспедиции на Дальний Восток) // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 82–94. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_7.

Geographical research and discoveries by A.F. Middendorf in the Russian Far East (on the 180th anniversary of the expedition to the Far East)

Aleksey N. MAKHINOV

Doctor of Geographical Sciences, Chief research associate
amakhinov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4914-1408>

Alexander L. ANTONOV

Candidate of Biological Sciences, Leading research associate
antonov@ivep.as.khb.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2968-4384>

Institute of Water and Ecological Problems, Khabarovsk Federal Research Center FEB RAS,
Khabarovsk, Russia

Abstract. Based on an analysis of the “progress of the journey” and maps in the original source (A.F. Middendorf, *Travel to the North and East of Siberia*, part 1, 2004, part 2, 2006), a brief description of the route of Middendorf A.F.’s scientific expedition in 1844–45 across the territory of modern Khabarovsk Territory and Amur Region is given. Physical and geographical discoveries, including zoo-geographical ones, are presented. The dates and precise location references indicated in this research report make it possible to determine the research sites and the speed of the expedition’s movement. A.F. Middendorf was the first to give a scientific description of several mountain ranges, rivers, valleys, as well as seashores, features of the flora and fauna. A map of the Stanovoy Range and adjacent territories of the Aldan Amur river basins, as well as the southwestern coast of the Sea of Okhotsk, had been compiled. Of particular value are observational data on various natural processes determined by the geographical location of the study area. The karst relief of the Mar-Kuel plateau was described for the first time and the features of the morphology of channels and the water regime of rivers within its boundaries were identified. Of particular value are data on the structure of aufeis and their impact on adjacent areas as well. For the first time, information had been obtained on the structure and dynamics of the sea coasts and mouths of rivers flowing into the Sea of Okhotsk under conditions of high tides. A comprehensive survey of Medvezhiy Island and two islands of the Shantar archipelago was carried out. The role of wood dams in the formation of river channels had been revealed. Particular attention in the research was paid to the patterns of vegetation distribution depending on natural conditions, and the reason for its variability in the mountains was revealed. For the first time, the main features of the region’s fauna were indicated, and the ranges of some animal species were identified. The results of the expedition were of fundamental geographical and biological, as well as geopolitical significance and in many ways made it possible to subsequently make an important decision to annex a significant part of the Amur basin to the Russian Empire.

Keywords: Middendorf A.F., expedition route in 1844–1845, descriptions of nature, geographical discoveries, Okhotsk region, Amur basin

For citation: Makhinov A.N., Antonov A.L. Geographical research and discoveries by A.F. Middendorf in the Russian Far East (on the 180th anniversary of the expedition to the Far East). *Pacific Geography*. 2025;(1):82–94. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_7.

Введение

До середины XIX в. территория южнее Аянского тракта (Якутск–Аян) была совершенной «Terra incognita». И хотя юго-западное побережье Охотского моря к югу от

устья р. Уда и Шантарские острова были в 1829–1831 гг. описаны П.Т. Козьминым, природа внутренних частей материка оставалась практически неисследованной.

А.Ф. Миддендорф в 1844 г. совершил первую научную экспедицию в неизведанные в то время континентальные районы южной части современного российского Дальнего Востока и на побережье Охотского моря. Он впервые выполнил систематизированные и глубоко научные описания природы этой территории [1, 2]. Путь его экспедиции проходил по сложному маршруту – от г. Якутск к юго-западному побережью Охотского моря и далее в бассейн р. Амур [3]. А.Ф. Миддендорфом были открыты многие природные объекты и описаны неизвестные ранее явления, что, несомненно, следует рассматривать как географические открытия.

Экспедиция Миддендорфа имела не только географическое, но и большое геополитическое значение [4]. Новые обстоятельные данные, собранные А.Ф. Миддендорфом о р. Амур и Приамурье, оживили интерес к этому краю и способствовали его присоединению к Российской империи.

Цель работы – дать краткий анализ результатов исследований А.Ф. Миддендорфа во время экспедиции по Дальнему Востоку, слабо освещенных в научной литературе о выдающемся российском ученом.

Методы исследований

Основным методом для данного сообщения был анализ материалов, опубликованных А.Ф. Миддендорфом в его фундаментальном труде «Путешествие на Север и Восток Сибири», а также в издании этой же работы на немецком языке (между этими изданиями есть некоторые различия) и в других источниках. Изучены также современные публикации о некоторых видах животных, отмеченных Миддендорфом на маршруте. Кроме этого, в работе использован оригинальный материал, собранный авторами в местах исследований экспедиции: в бассейнах рек Учур, Селиндэ, Мая-Половинная, Тугур, Нимелен, Керби, Бурей, Селемджа, Зея, Гиллюй; на побережье Охотского моря – в заливах Николая, Тугурском и Ульбанском, Тугурском полуострове, на островах Феклистова и Большой Шантар, а также на плато Мар-Кюель, хребтах Кет-Кап, Дуссе-Алинь, Буреинский.

Маршрут экспедиции

Экспедиция отправилась из Амгинской слободы (ныне с. Амга) 11 апреля 1844 г. (даты приводятся по старому стилю). В ее составе были лесничий Т. Брандт, препаратор М. Фурман и «любимый и неразлучный товарищ», военный топограф из Омского корпуса В. Ваганов, а также два казака – унтер-офицер Решетников и рядовой Долгий; кроме этого Миддендорф «завербовал еще двух якут ... не менее 72 верховых, вьючных и запасных лошадей потребовалось» для транспортировки людей и снаряжения [5, с. 23]. Вскоре отряд вступил на территорию Хабаровского края, без труда перевалив слабо выраженный в рельефе обширного Алданского плато невысокий хребет Олега-Ытабыт с пологими склонами, покрытыми однообразным листовичным редколесьем. В долинах рек ученого постоянно привлекали различные необычные объекты, о которых он часто пишет с восхищением, слабо скрываемым в строгих научных описаниях.

Миновав еще один низкий хребет – Ы-Оттук, путешественники подошли к подножью хребта Кет-Кап, заснеженные вершины которого резко поднимались над окружающей территорией. Горный хребет Кет-Кап, несмотря на небольшие высоты, не превышающие 2000 м над уровнем моря, имеет вид высоких массивных гор. Альпинотипный облик хребту придают высокие острые вершины, созданные древними ледниками. Эти горы каравану было бы трудно преодолеть, но, к счастью, их с юга на север прорезает глубокая узкая долина р. Ярмарка-Хапчана, по ней отряд благополучно пересек хребет и вышел

к его южному подножью, от которого начиналось обширное высокое плато с отметками 950–1100 м над у.м.

Далее путь лежал сначала по пологоволнистой поверхности плато Мар-Кюель, затем по врезанной в него глубокой долине р. Селиндэ с высокими крутыми склонами. 16 мая караван вступил на обширную наледь в нижнем течении этой реки. Преодолев р. Учур и лежащее за ней южную часть этого плато, экспедиция спустилась в долину р. Уян и по ней поднялась до Станового хребта, перевалив который 1 июня, с большими трудностями проникла в верховья р. Сахарбак. Пройдя до ее устья через невысокие водоразделы, путешественники вышли в долину р. Конуной (ныне Кононный), впадающей в р. Мая, и по последней 9 июня достигли Удского острога (с. Удское). Отсюда, построив байдару, за два дня (28–29 июня) сплавились «90 верст» к устью р. Уда. Здесь экспедиция простояла почти две недели, пока море не очистилось ото льда, а затем 9 июля отправилась на восток вдоль южного берега Охотского моря, посетив три острова Шантарского архипелага – Медвежий, Мутыхангда (Утичий) и Большой Шантар. У западного мыса Дугандья (ныне Дуганджа) путешественники «к великому изумлению в первый раз испытали силу морских течений...»; Миддендорф вспоминал об этом так: «...морское течение с силою горного потока отрывало от берега...мы, окруженные глыбами льда и сопровождавшим их туманом считали себя счастливыми, когда ... могли на ночь укрыться в Лебязьей губе (ныне залив Люцун)» [5, с. 24].

Море у о-ва Мутыхангда очистилось ото льда только 4 августа. Один из членов экспедиции, Брандт, 17 августа, «взяв с собой почти всю команду», на байдаре уплыл обратно, в Удской острог, откуда он должен был вернуться в г. Якутск. Миддендорф и Ваганов продолжили обследование Тугурского залива. Затем они от устья р. Тугур на оленях совершили кратковременную поездку на восток, к Ульбанскому заливу. Предельным восточным пунктом всего путешествия стала одна из вершин восточнее м. Гиляк (высота 303 м над у.м.) на п-ве Тохареу, со склонов которой берет начало небольшая р. Обкан, впадающая в зал. Николая. А.Ф. Миддендорф писал: «...к сожалению, я... принужден был отказаться от нетерпеливого желания достигнуть устья Амура» [5, с. 25], до которого было «только три дня пути» – около 150 км по прямой.

В обратный путь через область Амура путешественники отправились 22 сентября. Небольшая часть экспедиции с 42 вьючными оленями, возглавляемая надежным проводником, «тунгусом Ваньчей», вышла от устья р. Тугур вверх по его широкой долине. Миддендорф с юмором рассказывает, что в устье Тугура (где было «7 гиляцких избушек и 3 тунгусских берестяных шалаша», а ныне находится с. Тугур) «к нашим 40 оленям прибавилось еще 40 других – отряд пополнился «непрощенной, но чрезвычайно интересной компанией», в которой было: «1–4) гиляки, идущие с нами ...для осмотра силков в прибрежных горах; 5–6) тунгус с сыном, отправлявшиеся... к верховьям Селемджи, 7–8) тунгус с сестрой, собирающийся идти в совершенно противоположном направлении... но ради приятной компании, не дорожащий потерей нескольких дней..., 9) старик тунгус», которому нужно было «...в верховья Торума, 10) тунгусский старшина половить рыбу на Хамбыкане, 11–12) тунгус, прибывший из...Аяна... с товарищем ...на Амгунь за соболями; наконец 13) якут Сергей Соловьев ...Вот весь комплект гостей, идущих с нами часть пути... весьма приличный и благонравный люд» [6, с. 710–711].

Путь пролегал по правому берегу реки; 2 октября отряд достиг урочища Бурукан («сезонный сборный пункт тунгусов»), где к р. Тугур близко подходит р. Нимелен, впадающая в р. Амгунь. Караван здесь был встречен саллотом из всех видов оружия, потом были соревнования по стрельбе, а затем, как восторженно вспоминал Миддендорф, «...последовал бал» и позже – «чай с пуншем», «...тунгусы при этом соблюдали самое сдержанное приличие» [6, с. 708].

Далее отряд пересек низкий водораздел между этими реками, отстоящими друг от друга всего на 8 км, и вступил в бассейн р. Амур. На этом участке караван шел вверх по долине р. Нимелен (рис. 1). В районе урочища Хамыкан (ныне Камакан) отряд переправился



Рис. 1. Долина р. Нимелен близ урочища Камакан. *Фото А. Антонова*

Fig. 1. The valley of the Nimelen River near the Kamakan area. *Photo by A. Antonov*

через эту реку и, следуя на юго-запад, через невысокий перевал вышел к р. Керби. Продвигаться вверх по ее долине было почти невозможно, экспедиция здесь попала в обширный район ветровала. Этот участок оказался одним из самых трудных на пути экспедиции, А.Ф. Мидендорф об этом писал так: «нам трудно было прокладывать дорогу себе даже с топором в руках» [5, с. 178]; «Влияние человека теряет тут всякое значение; среди этих диких пустынь оно оказывается бессильным в сравнении с могучим творчеством природы. Нигде сознание бессилия не поражало меня так глубоко, как в долине Керби, где мы попали в засеку бревенчатого леса...Страшные бури свирепствовали здесь» [5, с. 610].

Сложным был и дальнейший путь к перевалу через Буреинский хребет и подъем на него. Далее маршрут проходил вверх по долине р. Керби до правого притока – р. Лучи и по долине последней, а затем по ее притоку – ручью Крест. 19 октября по водораздельной седловине между реками Крест и Браи (приток р. Левая Буря) перевалили Буреинский хребет. Сам перевал здесь был «плоским» и представлял собой «болотистую местность» [5, с. 178]. Северную часть Буреинского хребта, где проходил маршрут, А.Ф. Мидендорф называл Дуссе-Алинь, отмечая, что название «Деузе-Алинь...неизвестно у туземцев» [5,



Рис. 2. Хребет Дуссе-Алинь. *Фото А. Антонова*

Fig. 2. Dusse-Alin Ridge. *Photo by A. Antonov*

с. 201]. Хребет «на всем своем протяжении узок, высок и усажен коническими вершинами» [5, с. 207] (рис. 2). Далее двигались вначале по р. Браи, а потом по долине р. Левая Бурей; Миддендорф назвал ее «южным истоком Буреи» [5, с. 179], а после слияния рек Левая и Правая Бурей «западной вершиной р. Бурей» [5, с. 174, карта Va] – по самой Буреи.

Устья р. Ниман (крупнейший правый приток р. Бурей) отряд достиг 31 октября. Здесь произошла смена оленей; это был «самый южный пункт... странствования» Миддендорфа [5, с. 181]. Отсюда экспедиция повернула на северо-запад, вверх по р. Ниман и по ее правому притоку – р. Кебели (Кивили), поднялась на хребет Турана, перевалив который, вышла в бассейн р. Бысса (приток р. Селемджа) на территорию нынешней Амурской области.

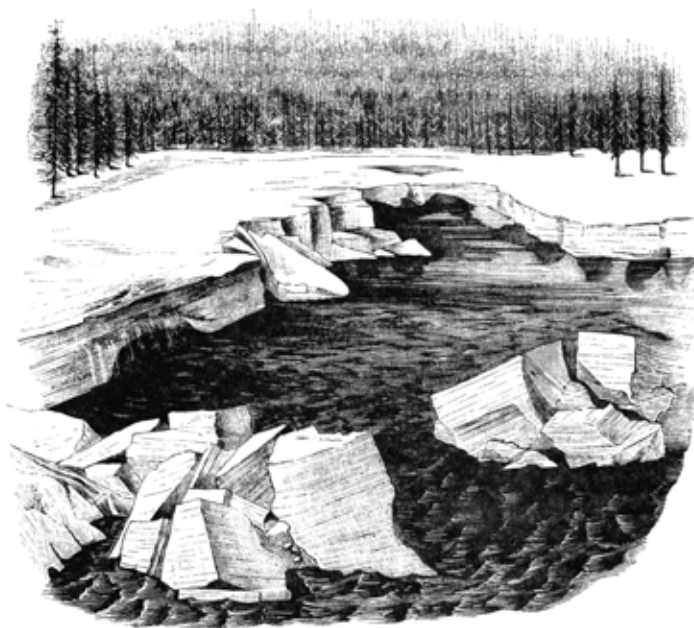
После непродолжительной стоянки в ожидании сменных оленей на р. Селемджа, близ впадения р. Инкан, 23 ноября отправились дальше на запад–северо-запад вдоль подножья гор. На этом участке, по словам Миддендорфа, «до самой Зеи единственными горными ручьями большой величины были Нара (Нора) и Дугда» [5, с. 183]. 15 декабря, пройдя по широкой долине р. Зея, достигли устья ее правого большого притока Киле (ныне р. Гиллюй). От р. Зея двигались далее в северо-западном направлении по узкой извилистой долине р. Гиллюй, сдавленной крутыми склонами. Путешественников здесь «в скалистом ущелье при замерзшей ртуте ... настиг резкий ветер... обнял невыносимый адский холод... только повернувшись вперед спиной ... удалось пробраться через это адское ущелье» [6, с. 316]. За несколько верст от устья р. Дабукыт экспедиция смогла «наконец своротить от завладевшего нами Гиллю». Теперь «дорога шла... в речной области Ура (ныне Уркан), каждый день по травянистым... болотам и... небольшим озерам» [5, с. 184]. Далее к югу простиралась обширная пологая возвышенность, пересекаемая глубокими долинами левобережных амурских притоков. 12 января 1845 г. достигли берега р. Амур в одной версте ниже устья р. Омутная. Дальнейший путь до Усть-Стрелочного Караула, куда прибыли 14 января, пролегал по льду. Дальневосточная часть экспедиции А.Ф. Миддендорфа благополучно закончилась.

Географические наблюдения и открытия

А.Ф. Миддендорф был не только первым ученым, посетившим ранее не исследованную в географическом отношении территорию от г. Якутск до юго-западного побережья Охотского моря и северную часть амурского бассейна, но и сделавшим ряд географических открытий. Он был первым исследователем плато Мар-Кюель, Станового и Буреинского хребтов, Шантарских островов, юго-западного побережья Охотского моря, Амуро-Зейской равнины, многолетней мерзлоты. А.Ф. Миддендорф уточнил географическое положение Станового хребта, его основные черты и дал название: «...цепи крутых гор, идущей на востоке Буреи... параллельно этой реке», назвав ее «Буреинским хребтом», которое затем стало использоваться Л. Шренком, К. Максимовичем и другими исследователями [5, с. 112, 201]. Велики заслуги ученого в изучении особенностей климата, водного режима рек, растительности и животного мира обследованных территорий.

Исследователь впервые описал карстовый рельеф плато Мар-Кюель. В долине р. Селиндэ он наблюдал огромный карстовый цирк, полукругом врезанный в высокий склон, в нижней части которого из почти отвесной стены выбивались из недр несколько мощных потоков воды. Над этими источниками величественным амфитеатром возвышались выступы высоких скал в виде башен и причудливых каменных скульптур. Были выявлены такие особенности рек в районе распространения карста, как большие глубины и исчезающие под землей русла. Следует отметить, что карстовые процессы плато Мар-Кюель остаются все еще слабо исследованными до настоящего времени [7].

Привлекли внимание ученого большие ледяные поля в долинах рек Большой Аим, Малый Аим и Селиндэ. Они уже активно таяли и потоки воды прорезали лед до самого основания. Наиболее детальные наблюдения он провел в нижнем течении р. Селиндэ, где расположена большая наледь (рис. 3). Ее размеры составляли около 15 км в длину, 100 м в



Ледяная долина Селинде, 16 Мая ст. ст.

Рис. 3. Наледь в долине р. Селинде. Рисунок из книги А.Ф. Миддендорфа [5, с. 419]

Fig. 3. Ice in the Selinde River valley. Drawing from the book by A.F. Middendorf [5, 419]

ширину, толщина ее достигала 5 м. А.Ф. Миддендорф такие образования в реках называл «накипнями». Он впервые не только сделал описание этой наледи, но и выявил причины и механизм ее образования. Им была изучена стратиграфия ледяной толщи, условия ее намерзания и установлено наличие во льду прослоев песка и дровины толщиной до одного дюйма. Местами на поверхности наледи встречались ледяные холмы высотой до 3 м с жерлами на вершине, из которых постоянно выступала вода, замерзавшая на склонах ледяных конусов. Кроме того, были проведены интересные наблюдения за влиянием наледей на микроклимат в долине, в частности, на температуру воздуха в приземном слое.

Велика заслуга А.Ф. Миддендорфа в изучении распространения и свойств многолетней мерзлоты [8]. Во время экспедиции он проводил описание мерзлотных процессов и явлений, проводил бурение скважин с целью определения глубины летнего протаивания грунтов и температуры мерзлых горных пород. Впервые расчетным путем определил мощность мерзлоты в районе г. Якутск, она оказалась равной 189.6 м.

На р. Бурея в начале ноября был описан механизм формирования донного льда в русле реки, образующего специфические формы – ледяные плотины высотой до 1.2 м и береговые ледяные валы. На многих реках на территории распространения многолетней мерзлоты была измерена максимальная толщина льда, нигде не превышающая 8 футов (около 2.4 м), установлено, что большие реки не промерзают до дна.

А.Ф. Миддендорф был одним из первых, кто по своим наблюдениям в Приохотье и Приамурье выявил роль растительности в преобразовании русел рек. При размыве речных берегов большие деревья, падая в воду, переносятся по реке, задерживаясь на мелководьях или излучинах, накапливаются в русле, образуя скопления, называемые древесными заломами (рис. 4). Вновь образовавшиеся в русле скопления деревьев состоят обычно из нескольких больших стволов и многих их маленьких фрагментов. При следующем наводнении такие плотины в русле реки становятся ловушками для плывущих сверху деревьев.

В долине р. Уда исследователь описал древесные скопления высотой в несколько сажен, состоящие из более чем сотни хаотично нагроможденных деревьев, которые являются одной из причин формирования разветвленных на рукава русел рек. При катастрофическом наводнении древесные плотины нередко сносятся мощным потоком, но далеко не перемещаются. Где-то ниже по течению они скапливаются вновь и дают начало новому, более значительному залому. Местами плотины из особо крупных стволов собирают плывущие сверху деревья в настоящие древесные реки протяженностью в сотни метров.

На реках, впадающих в Охотское море, древесные заломы встречаются особенно часто, они постоянно меняют свое положение после каждого большого паводка, но наиболее крупные из них могут существовать на одном месте сотни лет. Особенно много древесных плотин образуется также в руслах рек Тугур, Нимелен, Керби, Конин, Мухтель, Тором и др.

Заслуживают внимания результаты наблюдений за морфологией и составом отложенных береговых баров в устьях рек, протягивающихся вдоль морского берега на несколько верст. В их формировании Миддендорф большую роль отводил морскому льду, выталкивающему галечно-валунный материал на берег. С особым восхищением им были описаны абразионные берега: «Край материка, ограждающий Охотское море, состоит из крутых гор, которые возвышаются над морем тысяч до двух футов... Эти мысы обыкновенно продолжаются бесчисленными подводными камнями, которые то вовсе скрыты под уровнем воды, то выходят наружу только при отливе... Нередко дико-романтический вид украшается каменными столбами, высоко и смело поднимающими свои вершины над морем...» [5, с. 117].

Весьма ценные наблюдения ученый провел на о-ве Большой Шантар, пробыв на нем целую неделю. Наиболее подробно он исследовал южную часть острова, примыкающую к губе Якшина. Основное внимание было уделено описанию рельефа, рек и озер, был собран материал по флоре и фауне.



Рис. 4. Древесный залом в протоке р. Керби. *Фото А. Антонова*

Fig. 4. Wooden dam in a subchannel of the Kerby River. *Photo by A. Antonov*

Во время маршрута вдоль южного побережья Ульбанского залива А.Ф. Миддендорф обратил внимание на необычное строение русла р. Сыран, протекающей по приморской низменной равнине. Оно представляет собой подобие канала, в котором отсутствуют плесы и перепады, а само русло имеет симметричную ложбинообразную форму с крутыми глинистыми берегами и равномерной глубиной по всей ширине водного потока. В формировании такой формы русла основную роль играют приливно-отливные течения при значительных колебаниях уровней воды в заливе, составляющих 5–6 м. Особенно значительное влияние оказывают стремительные стоковые течения, возникающие при отливах. А.Ф. Миддендорф сравнил р. Сыран с устьевой частью р. Темза, где формирование русла происходит подобным образом [5].

За короткое время было обследовано побережье юго-западной части Охотского моря на значительном протяжении – от устья р. Уда до водораздела между заливами Ульбанским и Николая. Были собраны сведения о климате прибрежной территории, об островах, приливно-отливных явлениях и реках, впадающих в Охотское море на этом участке, а также выполнена глазомерная съемка этой части моря и обозначена на карте обширная акватория, названная заливом Академии в честь Российской академии наук.

А.Ф. Миддендорф впервые предложил называть климат Сибири материковым или континентальным. Он отметил наличие «мирового полюса холода» в Якутии, первым сообщил о муссонах в Охотском море. Важным открытием следует считать также вывод о наличии температурной инверсии в горах Восточной Сибири, основанный на данных о повышении температуры с высотой в отличие от обычного ее понижения в других горных районах, что оказывает влияние на условия распространения растительности в горах Дальневосточного региона. Лишь спустя более 100 лет известный советский географ Н.А. Гвоздецкий установил наличие инверсии ландшафтов в Приамурье [9].

В своих исследованиях ученый уделял большое внимание изучению растительности, и прежде всего условий ее распространения. Им была установлена закономерность извилистости северной границы лесов, которая по долинам проникает далеко на север, а по горным хребтам смещается на юг. Эту закономерность академик В.Л. Комаров назвал «законом Миддендорфа».

Зоогеографические исследования и открытия

А.Ф. Миддендорф первым из исследователей Дальнего Востока России в своем путевом донесении о путешествии, опубликованном в 1845 г., а позже в 1869 г. в книге «Путешествие на Север и Восток Сибири», обратил внимание на проникновение северных видов животных в Амурском крае далеко к югу и необычное смешение различных видов животных в одних и тех же природных условиях. Он писал: «в зоологическо-географическом отношении мы постоянно вращались в той чрезвычайно любопытной полосе земли, где лицом к лицу встречаются гербы сибирский и бенгальский, соболь и тигр, где эта южная кошка отбивает у рыси северного оленя, где соперница ее – росомаха, в одном и том же участке истребляет кабана, оленя, лося и косулю, где медведь насыщается то европейской морошкой, то кедровыми орехами, где соболь вчера еще гонялся за тетеревами и куропатками, доходящими до запада Европы, сегодня бежит за ближайшим родственником тетера восточной Америки, а завтра крадется за чисто сибирской кабаргой» [6, с. 54–55]. «Манджурская фауна оказывается пестрой смесью животных, которые вышли из-под разных градусов долготы и широты... Амурский край... представляет область столкновений и перехода разных животных» [6, с. 289]. Конечно, в северных районах бассейна р. Амур, где проходил маршрут, южные виды все же редки, а северные в целом немногочисленны, и смешанность фауны здесь невелика, но в целом заслуга А.Ф. Миддендорфа в этом отношении несомненна. В дальнейшем эти представления о сложном составе фауны Приамурья были развиты Р.К. Мааком, Л.И. Шренком, Г.И. Радде, Н.М. Пржевальским, В.К. Арсеньевым, А.И. Куренцовым, Е.Н. Матюшкиным.

Большое внимание Миддендорф уделял выявлению особенностей распространения крупных млекопитающих в регионе. Им было доказано, что на Становом хребте обитает не баран аргали, как считали до этого Паллас и Эрман, а «горная овца», т.е. снежный баран; современное латинское название *Ovis nivicola*, и он указал «крайний южный предел распространения» этого вида в районе Удского острога [6, с. 70]. Об этом упоминают Гептнер и Насимович, подчеркивая, что «Миддендорф правильно оценил признаки этой формы...» и верно установил ее видовую принадлежность [10, с. 665]. Последующие исследования ареала этого вида подтвердили данные сведения – юго-восточная граница была установлена по южным отрогам Джугджура, Токинского Становика и Атагского хребта в левобережной части верхнего течения р. Мая [11, 12].

А.Ф. Миддендорф первым из зоологов показал значение Станового хребта как зоогеографического рубежа, где на его «... южном скате сходится множество полярных и экваториальных пределов распространения... зверей» [6, с. 84–85]. В данном случае в основном имелись в виду границы ареалов нескольких пушных видов. Он также указывал, что в этом районе копытные – кабарга, благородный олень, северный олень, косуля, кабан будут быстро уничтожены человеком, так как при обитании в таких экологически суровых условиях «истребление облегчается» и человек «...суживает их области распространения» [6, с. 85–86]. Им было верно подмечено, что косуля и олень (изюбрь) в горных частях бассейна р. Амур проникают севернее кабана – к югу от оси Станового хребта «...еще ранее кабана являются олень и косуля» [6, с. 86]. Северную границу благородного оленя он указывает по Становому хребту, а на Нижнем Амуре, с учетом данных Л. Шренка, – «выше Мариинска», предполагая, что этот вид может обитать и в бассейне р. Тугур [6, с. 280]. Косуля же «к устью Амура подходит ближе оленя, пересекая реку выше Николаевска» [6, с. 282]. Относительно сезонных миграций косуль в регионе он впервые сообщает: «...под 52° с.ш. ... они тысячами переправляются через реки на южной покатости Станового хребта...» [6, с. 365]; т.е. в верхних частях бассейнов рек Зея, Нора и Селемджа, где до сих пор сохранились выраженные сезонные миграции этого вида [11].

В издании на немецком языке в 1853 г. А.Ф. Миддендорф отметил, что тигр встречается и на левобережье р. Амур, в бассейне р. Бурья – на р. Тырма под названием «Хачай» (Khaschaj), где, по сообщениям тунгусов, было убито два зверя. Кроме этого, он указал, что на маршруте экспедиции в начале ноября 1844 г. на р. Кебели (Кивили, приток р. Ниман) он прошел некоторое время по свежему следу тигра [13, с. 75]. В русском издании он также писал, что «истребление тигра быстрее всего обнаружится на левом берегу Амура, где доселе беспрепятственным своим распространением к северу он обязан суверию и плохому вооружению туземцев» [6, с. 88], подразумевая, что этот вид обитает здесь у границ ареала на пределе своих экологических возможностей.

Достаточно подробно рассмотрено распространение северного оленя в бассейне р. Амур: этот вид встречался в его времена на юг по Амуру «ниже устья Уссури, примерно под 49° с.ш.» и «на его правом берегу в Хинганском хребте... между Амуром, Аргунью и притоками Нонни» [6, с. 181–182].

А.Ф. Миддендорф совершенно справедливо указал, что в Амурском крае и на Становом хребте «...не встречается бобров» [6, с. 78].

Он был первым исследователем азиатской дикуши (*Falciipennis falciipennis*). Впервые он встретил ее весной 1844 г. в отрогах Алданского хребта, где наблюдал токовое поведение самца, а в августе на побережье Охотского моря нашел выводок из 8 птиц. Ошибочно посчитав, что это не новый вид, а уже известная для науки канадская горная дикуша «*Tetrao canadensis*» [6, с. 259], он не стал заострять свое внимание на таксономии этой птицы. Только в 1855 г. немецкий зоолог К. Г. Хартлауб по экземплярам, собранным Миддендорфом, описал этот новый для науки вид.

Путешествуя летом 1844 г. на участке от устья р. Уда до зал. Николая, Миддендорф обнаружил здесь белоплечего орлана (рис. 5) – «величайшего орла в Свете – *Aquila pelagica* ...» [6, с. 23]. Он пишет, что «берингов орел», ареал которого был в то время еще почти



Рис. 5. Белоплечий орлан. Фото А. Антонова

Fig. 5. Steller's sea eagle. Photo by A. Antonov

ны» [6, с. 349]. Он указывает, что в р. Тугур, устье которого находится намного севернее Амура, кета заходит раньше, чем в р. Амур. Тунгусы вначале ловят ее в р. Тугур, «а затем отправляются на соседний Нимелен, снова ловить кету» [6, с. 443]. Это верно, так как в р. Амур заходят две расы – летняя и осенняя, между сроками миграций которых имеется небольшой промежуток. В р. Тугур эти расы не выражены; там кета без перерыва идет с июля по сентябрь. В р. Нимелен в сентябре в основном приходит осенняя амурская кета, которая идет в р. Амур в конце августа–начале сентября. Летняя раса кеты, как и в р. Тугур, заходит в р. Амур в июле, но в р. Нимелен ее идет совсем немного.

Мидендорф также отмечал, что на нерестилищах р. Нимелен «на второй недели октября» было много рыб с икрой; по словам тунгусов, икра кеты на дне ручьев «кучами... лежит... целую зиму и развивается... Вместе с ледяным покровом вода уносит в море... вылупившуюся рыбку» [6, с. 446]. Им было совершенно верно отмечено, что кета «не доходит до Буреи ... в реки Большого Шантарского острова кета, по-видимому, также не заходит» [6, с. 484].

Заключение

Территория вдоль маршрута экспедиции во многих местах сохранилась до нашего времени в первозданном виде и почти безлюдна. Численность постоянного населения Аяно-Майского административного района Хабаровского края, где прошла значительная часть пути А.Ф. Мидендорфа, в 2023 г. составляла 1863 чел., а средняя плотность – 0.011 чел. на 1 км² или 1 чел. на 89.8 км². Однако хозяйственная деятельность проникает и в эти края. Недалеко от с. Тугур в южной части Тугурского п-ва действует Кутынский ГОК. В окрестностях хребта Кет-Кап, бассейнах рек Учур, Керби, Селемджа, Зeya, Бурея, Ниман много лет добывается золото, а на р. Бурея – каменный уголь. Недавно в бассейне р. Учур началась разработка самого большого в мире Эльгинского угольного месторождения. Через бассейн р. Амур проложена Транссибирская магистраль, построены БАМ и АЯМ, железнодорожные ветки Известковая – Чегдомын, Улак – Эльгинское месторождение; от этого месторождения через Алданское нагорье и Джугджур строится Тихоокеанская железная дорога. Тайга и горы пересечены автодорогами, зимниками, ЛЭП, нефте- и газопроводами. Построены села и поселки – Удское, Чумикан, Тугур, Чегдомын, Февральск и города Тынды и Зeya. В долинах рек Зeya и Гиллой раскинулось одно из крупнейших в стране Зейское водохранилище; на р. Бурея также построены ГЭС. Значительно

не исследован, обычен здесь: «...на южных берегах Охотского моря я встречал эту птицу очень часто» [6, с. 257].

Летом и осенью 1844 г. Мидендорф собрал материал по распространению кеты, срокам нерестовой ее миграции и экологии нереста в реках Уда, Ал, Тугур и в притоке р. Амгунь – р. Нимелен (бассейн р. Амур). По сути он первым из исследователей отметил, что для тихоокеанских лососей характерен хоминг – «...рыбы возвращаются в те же реки, в которых они вышли из икры», и кета «... отыскивает место своей родины»

возросли в последние два десятилетия масштабы лесоразработок, охоты, рыболовства и туризма. Хозяйственная деятельность нередко сопровождается пожарами, иногда занимающими большие площади.

Вместе с тем в районах, где проходил маршрут А.Ф. Миддендорфа, созданы ООПТ – Буреинский, Норский и Зейский заповедники, национальные парки «Шантарские острова» и «Токинско-Становой»*, заказники Урканский, Бекельдеуль, Нимеленский, Майский и Тугурский им. А.Ф. Миддендорфа.

В честь А.Ф. Миддендорфа названы несколько видов и подвидов животных и растений, ряд географических объектов, в том числе мыс на Новой Земле, залив на полуострове Таймыр, гора на Кольском полуострове в Хибинах, ледник в Саянах. На территории Хабаровского края и Амурской области нет географических объектов, названных его именем, за исключением Тугурского заказника. На некоторых старых картах на западном побережье в северной части Тугурского залива один из скальных выступов был обозначен как мыс Миддендорфа, однако в настоящее время объект с таким названием здесь отсутствует.

В 2021 г. Хабаровское краевое отделение Русского географического общества учредило почетную медаль А.Ф. Миддендорфа, которая вручается за заслуги в изучении природы и истории Хабаровского края. Среди награжденных – известные ученые, краеведы, общественные деятели, внесшие значительный вклад в географические исследования региона.

Литература

1. Обручев В.А. Академик А.Ф. Миддендорф. К 50-летию со дня его смерти и 100-летию окончания путешествия в Сибирь // *Природа*. 1946. № 4. С. 76–77.
2. Чичагов В.П. Александр Федорович Миддендорф (1815–1894) – один из крупнейших российских естествоиспытателей XIX века (к 200-летию со дня рождения) // *Геоморфология*. 2016. № 4. С. 78–85.
3. Антонов А.Л., Махинов А.Н. Академик Александр Миддендорф – первый исследователь природы Хабаровского края // *Культура и наука Дальнего Востока*. 2019. № 1 (26). С. 8–13.
4. Захаренко И.А. Роль Петербургской Академии Наук в пионерном изучении Приамурья (к 150-летию присоединения к России Амурской страны) // *Изв. РАН. Сер. географическая*. 2009. № 2. С. 106–111.
5. Миддендорф А.Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч.1. СПб.: Изд-во ГеоГраф, 2004. 922 с.
6. Миддендорф А.Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч.2. СПб.: Изд-во ГеоГраф, 2006. 834 с.
7. Махинов А.Н. Затерянный мир плато Мар-Кюель // *Природа*. 1996. № 6. С. 37–40.
8. Железняк М.Н., Климовский И.В., Шепелев В.В. Вклад академика А.Ф. Миддендорфа в становление геокриологической науки // *История наук о Земле*. Вып. 5 / под ред. В.А. Снытко, В.А. Широковой. М.: Акколитъ, 2016. С. 15–20.
9. Гвоздецкий Н.А. Инверсия ландшафтов и влияние экспозиции склонов на ландшафты в приамурской тайге // *Изв. Всесоюз. геогр. о-ва*. 1952. Т. 84, вып. 3. С. 79–81.
10. Гептнер В.Г., Насимович А.А., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Т. 1. Парнокопытные и непарнокопытные. М.: Высшая школа, 1961. 776 с.
11. Бромлей Г.Ф., Кучеренко С.П. Копытные юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983. 305 с.
12. Дунищенко Ю.М., Ермолин А.Б., Даренский А.А., Долинин В.В. и др. Охотничьи ресурсы Хабаровского края. Хабаровск: Хабаровская краевая типография, 2014. 324 с.
13. Middendorf A.Th. von. Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während den Jahre 1843–1844. Bd II, Tl.2. Saugethiere, Vogel und Amphibien. St.Petersburg: Buchdr. Der K. Akademie der Wissenschaften, 1853. 1–256.

References

1. Obruchev, V.A. Academician A.F. Middendorf. On the 50th Anniversary of His Death and the 100th Anniversary of the End of His Journey to Siberia. *Nature*. 1946, 4. 76-77. (In Russian)
2. Chichagov, V.P. Alexander Fedorovich Middendorf (1815–1894) – one of the greatest Russian naturalists of the 19th century (on the 200th anniversary of his birth). *Geomorphology*. 2016, 4. 78-85. (In Russian)
3. Antonov, A.L.; Makhinov, A.N. Academician Alexander Middendorf – the first explorer of the nature of the Khabarovsk Territory. *Culture and Science of the Far East*. 2019, 1(26). 8-13. (In Russian)

* Данная ООПТ расположена на удалении от маршрута экспедиции, в бассейнах рек Зeya и Мая-Полвинная.

4. Zakharchenko, I.A. The role of the St. Petersburg Academy of Sciences in the pioneering study of the Amur region (on the 150th anniversary of the annexation of the Amur country to Russia). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2009, 2. 106-111. (In Russian)
5. Middendorf, A.F. Journey to the North and East of Siberia. GeoGraf Publishing House: SPb, Russia, 1, 2004; 922 p. (In Russian)
6. Middendorf, A.F. Journey to the North and East of Siberia. GeoGraf Publishing House: SPb, Russia, 2, 2006; 834 p. (In Russian)
7. Makhinov, A.N. The Lost World of the Mar-Kyuel Plateau. *Nature*. 1996, 6. 37-40. (In Russian)
8. Zheleznyak, M.N.; Klimovsky, I.V.; Shepelev, V.V. The Contribution of Academician A.F. Middendorf to the Formation of Geocryological Science. In *History of Earth Sciences. Collection of Articles*. Issue 5 / Ed. by V.A. Snytko, V.A. Shirokova. OOO "Akkolit", Moscow, Russia, 2016. 15-20. (In Russian)
9. Gvozdetskiy, N.A. Landscape inversion and the influence of slope exposure on landscapes in the Amur taiga. *Bulletin of the All-Union Geographical Society*. 1952, 84(3). 79-81. (In Russian)
10. Geptner, V.G.; Nasimovich, A.A.; Bannikov, A.G. Mammals of the Soviet Union. 1. Even-toed and odd-toed ungulates. Vysshaya shkola: Moscow, Russia, 1961; 776 p. (In Russian)
11. Bromley, G.F.; Kucherenko, S.P. Ungulates of the southern Far East of the USSR. Nauka: Moscow, Russia, 1983; 305 p. (In Russian)
12. Dunishenko, Yu.M.; Ermoolin, A.B.; Darenskiy, A.A.; Dolinin, V.V. and others. Hunting resources of Khabarovsk Krai. Khabarovsk Regional Printing House: Khabarovsk, Russia, 2014; 324 p. (In Russian)
13. Middendorf, A.Th. von. Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während den Jahre 1843–1844. Bd II, Tl. 2. Säugethiere, Vogel und Amphibien. St. Petersburg: Buchdr. Der K. Akademie der Wissenschaften, 1853. 1-256.

Статья поступила в редакцию 26.06.2024; одобрена после рецензирования 24.07.2024; принята к публикации 12.08.2024.

The article was submitted 26.06.2024; approved after reviewing 24.07.2024; accepted for publication 12.08.2024.



Рельеф как фактор позднепалеолитического заселения Северо-Восточной Сибири

Владимир Николаевич НЕВСКИЙ
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Климат и рельеф каждый в определенной степени являются обязательными факторами этногенеза, побуждая людей к различным миграциям. Но если климат уже давно признается биологами и антропологами в качестве такого фактора, хотя и в недостаточной степени, то роль рельефа, точнее, орографических барьеров, тупиков или «ловушек», явно недооценена. В процессе регионального этногенеза, сопряженного с миграциями, важное значение приобретают низкогорья и предгорья крупных хребтов. В частности, северные предгорья Южной Сибири, которые в периоды похолоданий играли фокусирующую, «собирающую» роль, в периоды потепления – рассеивающую. Каргинское потепление обеспечило прорыв человека по р. Лена на «тундростепные» просторы Якутии вплоть до полярных широт. Сарганское похолодание вызвало массовые миграции, вписанные в орографическую систему Северо-Восточной Сибири. Предположительно, 27–26 тыс. л.н. оформились два главных «вектора», разделенных Верхоянским хребтом: первый – с низовьев р. Яна на восток вплоть до п-ва Аляска в широтном коридоре 6672° с.ш. (и этот процесс был стремительным, напоминающим бегство); второй – по р. Лена на юг, «вспять», в результате чего как минимум одна миграционная ветвь (Дюктайская культура) завершилась в геоморфоклиматической ловушке на Среднем Алдане. В такой же ловушке оказались и объекты охоты – крупные млекопитающие. Обратные, или обратимые, миграции могли играть важную роль в процессе регионального этногенеза, соединяя разрозненные прежде группы людей – носителей родственных культур. Впрочем, для Дюктайских людей на Среднем Алдане такое предположение преждевременно.

Ключевые слова: Северо-Восточная Сибирь, позднепалеолитические миграции, геоморфоклиматические «ловушки»

Для цитирования: Невский В.Н. Рельеф как фактор позднепалеолитического заселения Северо-Восточной Сибири // Тихоокеанская география. 2025. № 1. С. 95–103. https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_8.

Original article

Relief as a factor of the Late Paleolithic settlement of North-Eastern Siberia

Vladimir N. NEVSKY
Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395
Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. Climate and relief are obligatory factors of ethnogenesis, prompting people to various migrations. But if climate has long been recognized by biologists and anthropologists as such a factor, then the role of relief (more precisely, orographic barriers and dead ends or “traps”) is clearly underestimated. In the process of regional ethnogenesis, associated with migrations, low mountains and foothills of ridges acquire fateful significance. In particular, the northern foothills of Southern Siberia ridges (Altai, Sayans) played a focusing, “collecting” role during periods of cold weather stadials, and a dispersing role during periods of warming interstadials. The Karginy interstadial ensured the breakthrough of man along the Lena River to the “tundra-steppe” expanses of Yakutia up to the polar latitudes. The beginning of the cold Sartan stadial caused mass migrations that were included in the orographic system of North-Eastern Siberia. Presumably, 27-26 thousand years ago, two main “vectors” took shape, separated by the Verkhoyansk Ridge. The first vector is from the lower Yana River to the east up to Alaska in the latitudinal range 66°-72° N. This process was rapid, reminiscent of flight. The second vector is along the Lena River and its tributaries to the south, “backwards”, as a result of which at least one migration branch ended in a geomorphoclimatic trap in the Middle Aldan River. This is so called Dyuktai culture. Mammals, which were the main objects of human hunting, fell into the same trap. After the end of the Sartan stadial, the Dyuktai people could have become a regional center of new expansion. Reverse or reversible migrations could play an important role in the process of regional ethnogenesis, connecting previously disparate groups of people, which belonged to the related cultures. However, for the Dyuktai culture in the Middle Aldan such an assumption is premature.

Keywords: Northeastern Siberia, Late Paleolithic migrations, geomorphoclimatic “traps”

For citation: Nevsky V.N. Relief as a factor of the Late Paleolithic settlement of North-Eastern Siberia. *Pacific Geography*. 2025;(1):95-103. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2025_21_8.

Введение

В последние годы многие ученые говорят о неизбежности усиления синтетического начала в различных областях научного знания [1, 2]. Подобный процесс уже наблюдается, но пока фрагментарно. Например, археологи в своих исследованиях тесно сотрудничают с палеогеографами и представителями других естественных и социальных наук, скрупулезно анализируя природную обстановку в различные исторические периоды. При этом палеогеографы хорошо справляются с реконструкцией климата и растительности, но рельеф, как правило, остается за пределами их внимания. Геоморфологи в свою очередь с каждым годом все дальше и дальше уходят от исторического аспекта своей науки, и практически вся современная геоморфология занимается динамикой рельефа, которую можно наблюдать, моделировать и прогнозировать.

В предлагаемой статье с точки зрения геоморфологии рассматривается одна из важнейших проблем археологии и этнографии – расселение верхнепалеолитического человека по Северо-Восточной Сибири и проникновение его в Северную Америку, которая до сих пор окончательно не решена по причине недостаточной археологической изученности региона (незначительного количества верхнепалеолитических стоянок). Существуют научные исследования, посвященные палеолитическим стоянкам на таких территориях, как предгорья и низкогорья Алтая, Саяны и хребты Прибайкалья, в них отмечается высокая плотность стоянок, анализируются пути миграций (в основном по рекам) и т.д. [3–7]. Территория же Якутии и крайнего северо-востока Азии в целом менее исследована и поэтому требует внимания и изучения.

Материалы и методы

Выводы, предложенные в статье, и сама реконструкция возможных миграций верхнепалеолитических людей основаны на анализе не слишком многочисленной научной литературы, в основном это археологические периодические издания. Поскольку

существует проблема надежности радиоуглеродных датировок, имеющая объективный характер и заключающаяся в не всегда удовлетворительной их точности и надежности, создается двусмысленность в реконструкции направления перемещений древних людей, т.к. хронологическая погрешность может быть сопоставима с кратко- и даже среднесрочными ритмами климатических изменений, побуждающих людей к миграциям. Поэтому анализ внутренней структуры неоднородного сартанского оледенения (похолодания) не проводился. На основе геоморфологического подхода проанализировано все многообразие известных археологических фактов (география верхнепалеолитических стоянок и их датировки) и «смоделировано» поведение древних людей, заключенных в некоторые орграфические рамки.

Изначально термины «каргинское время» и «сартанское время» воспринимались как соответственно межледниковье и оледенение. В разных археологических и палеогеографических текстах нижняя граница каргинского межледниковья определяется интервалом 55–50 тыс. лет, верхняя (за которой следует сартанское оледенение) – 28–23 тыс. лет назад. Позже появились термины «каргинский термохрон» (каргинское потепление) и «сартанский криохрон» (сартанское похолодание), отражающие преимущественно температурные режимы, которые так или иначе проявляются в осадочных отложениях (например, при детальном анализе ледниковых и климатических событий последних 30–55 тыс. лет в Северо-Восточной Сибири [8] или Прибайкалье [3, 9]). Понятно, что хронологические границы в первом и втором случаях не совпадают, хотя нельзя сказать, что несовпадения исчисляются большими временными отрезками и что эти границы определены точно. В предлагаемой статье каргинское время и сартанское время считаются, скорее, семантическими аналогами термохрона и криохрона, как и в большинстве археологических текстов.

Результаты и их обсуждение

Горы Южной Сибири как региональный центр этногенеза (в роли фокусов притяжения и рассеивания). Северные предгорья Южной Сибири отличаются относительно высокой плотностью верхнепалеолитических стоянок. Эти стоянки встречаются в трех районах: Северном Алтае, где отмечается самая высокая их плотность, западной части Восточного Саяна и в Прибайкалье [4]. Как считают сибирские археологи, заселение низкогорий Южной Сибири в среднем палеолите и в начале верхнего палеолита могло идти тремя путями – с запада, с юго-запада (через западный Тянь-Шань и Западный Алтай) и с юга, через Монголию [5–7]. Большое количество верхнепалеолитических стоянок объясняется тем, что низкогорье – оптимальный для жизни тип рельефа в горных странах, где легче найти подходящее с точки зрения микроклимата и общей безопасности место, легче строить жилища и продуктивнее охота на крупных зверей. В эпохи похолоданий низкогорья играют роль центров притяжения – фокусов, к которым стремятся люди и животные. С юга эти районы (Северный Алтай, предгорья Саяна и других хребтов Прибайкалья) ограничены еще более «холодными» горами. Миграции на север в таких условиях были маловероятными, широтные миграции – возможными, но ограниченными. Не исключено, что по завершении теплого периода (в частности, по завершении каргинского времени) какая-то часть алтайского населения отступила на запад и юго-запад. Однако на протяжении всего верхнего палеолита люди из южносибирских предгорий не уходили.

В каргинское время в Южной Сибири формируется климат, близкий к современному или даже более теплый [7]. Ландшафты приобретают более сложную структуру, численность человеческих сообществ возрастает [10], и освоенные человеком низкогорья начинают играть уже роль фокусов рассеивания. Люди встраиваются в пути миграций крупных животных, которые, находясь в благоприятных условиях, тоже увеличивают свою численность. Численность и плотность населения, с большой вероятностью, возрастают, что подтверждается достаточно высокой плотностью стоянок [7, 10]. Возросшая интенсив-

ность охоты могла стать главной причиной истощения пищевых ресурсов в низкогорьях Южной Сибири. Начинается конкуренция за эти ресурсы и освоение новых, ранее не задействованных.

Река Лена и ее роль в заселении Северо-Восточной Сибири и Америки. Обь, Енисей, Ангара, Лена, Селенга и их притоки – все эти водотоки в той или иной степени были использованы верхнепалеолитическим человеком во время каргинского потепления. В частности, прослеживается «ангарский» вариант. В верховьях р. Ангара (возле оз. Байкал) известны палеолитические стоянки Мальта и Буреть. Культурные слои Мальты имеют датировки от 28 тыс. до 18.5 тыс. лет (здесь и далее: калиброванных лет) [11]. Найденные позже верхнепалеолитические стоянки Колпаков Ручей и Усть-Кова на Нижней Ангаре датированы интервалом 35 тыс.–28 тыс. лет [12], т.е. поздней третью каргинского потепления. Стоянка Усть-Кова многослойная, с рассеянными по вертикали артефактами. По мнению Е.В. Акимовой, культурный горизонт Усть-Ковы имеет позднекаргинский–раннесартанский возраст [13].) В то же время верхнеангарские, более южные стоянки, просуществовали по меньшей мере до середины сартанского похолодания. Напрашивается очевидный, хотя не обязательно верный вывод: с началом сартанского похолодания люди двинулись с Нижней Ангары на юг, но перед оз. Байкал попали в своеобразную геоморфоклиматическую ловушку (с некоторыми оговорками, ее можно назвать рефугиумом), откуда не было выхода. Дальнейший путь на юг преграждали хребет Хамар-Дабан и другие субширотные горные хребты. Надежды найти какие-либо позднепалеолитические стоянки с выраженными культурными слоями на р. Енисей ниже устья р. Ангара, конечно, сохраняются, но это маловероятно. В то же время равнина Минусинской котловины и ее горное обрамление тоже стали местом своеобразной «зимовки» верхнепалеолитического человека, оказавшегося отрезанным, как и травоядные млекопитающие, от более теплых областей. Каргинские и сартанские миграции по р. Селенга и далее по р. Амур на восток, конечно, были тоже. Но наиболее перспективным оказалось Ленское направление, которое вывело людей на равнинные просторы Якутии.

На равнинах современной Якутии в каргинское время преобладал тип растительности, похожий на современный и называемый тундростепью [14]. Тундростепь давала хорошую кормовую базу травоядным млекопитающим. Долина р. Лена от Прибайкалья до центральных областей Якутии оказалась достаточно удобным коридором как для животных, так и для человека. Основным миграционным сезоном, скорее всего, был зимний. Если допустить, что в каргинское время температурный режим Северо-Восточной Сибири был близким к современному [7], то, значит, человек, следуя за крупными млекопитающими по р. Лена на север, не попадал в существенно более суровые климатические условия. К концу каргинского времени древний человек, по-видимому, освоил все равнинные и предгорные пространства Якутии, вплоть до полярных широт. В 2001 г. археологами была обнаружена Янская стоянка (70° с.ш.) с датировкой 30 тыс.–27 тыс. лет [15]. Однако уже примерно 27 тыс. лет назад начались события, полностью разрушившие устоявшуюся сбалансированную систему человеческих сообществ в субарктической Восточной Сибири.

Сартанское оледенение и похолодание буквально в течение нескольких сотен лет коренным образом изменило картину расселения на северо-востоке Азии (см. рис.). Следует уточнить, что главным непосредственным фактором, побудившим к миграциям, было, скорее всего, существенное похолодание, начавшееся примерно 28 тыс.–27 тыс. лет назад [16, 17], тогда как ледники почти не выходили за пределы горных хребтов. Люди, жившие западнее Верхоянского хребта, двинулись вслед за объектами охоты на юг. Возможно, кто-то из них смог вернуться через то же ленское «горлышко» в низкогорья Южной Сибири и оказался, как мы предполагаем, в геоморфоклиматической ловушке. Но некоторая часть популяции человека двинулась вверх по р. Алдан, где тоже попала в аналогичную ловушку. Дальнейший путь в теплые края преграждали Алданское нагорье и Становой хребет. В сартанское время здесь преобладали криопустыни с горно-долинными ледниками и обедненные горные тундры (рис. 1), где не было достаточной кормовой базы для крупных

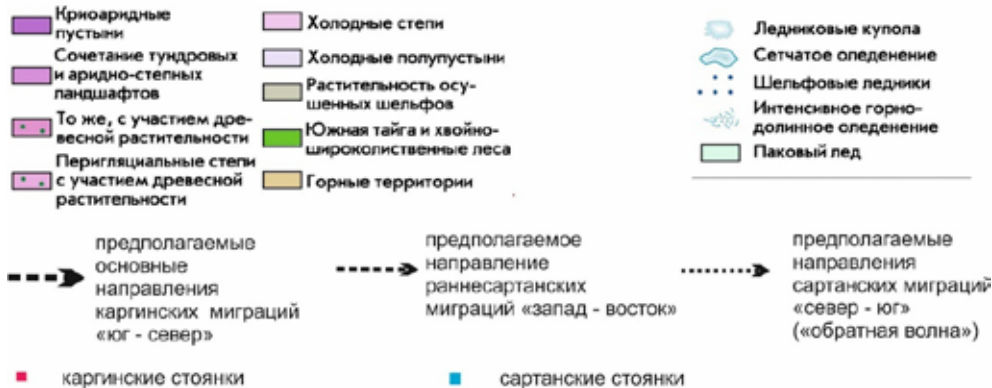
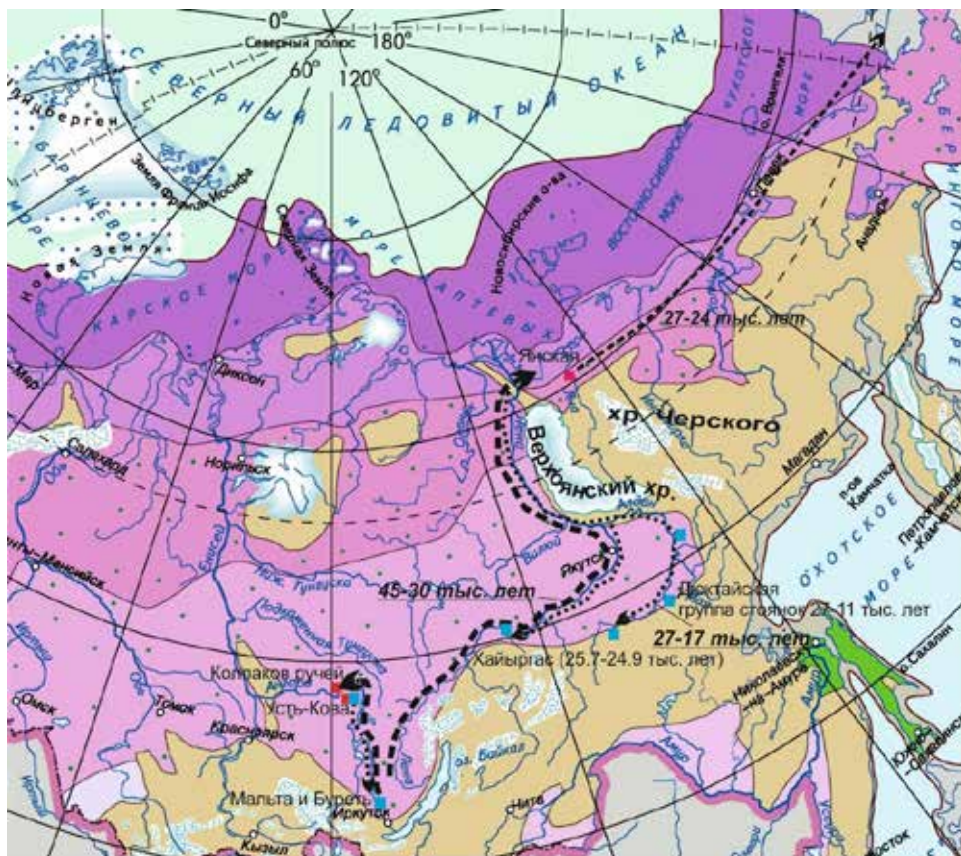


Рис. Вероятные миграции верхнепалеолитического человека в Прибайкалье и Северо-Восточной Сибири, наложенные на фрагмент карты «Физико-географические зоны в эпоху максимума последнего оледенения (20 000–18 000 лет назад)» [18] (на карту нанесены только некоторые основные стоянки с радиоуглеродной датировкой)

Fig. Probable migrations of Upper Paleolithic man in the Baikal region and North-Eastern Siberia, superimposed on a fragment of the map “Physiographic zones during the period of the maximum of the last glaciation (20 000-18 000 years ago)” [18] (only some major sites 14C dated are shown)

(скорее, для любых) млекопитающих. Человек, запертый в этой ловушке, вынужден был приспосабливаться к суровым условиям тундры Южной и Центральной Якутии. Нижние датировки Дюктайских стоянок на Среднем Алдане соответствуют начальной фазе или даже середине сартанского оледенения – 27 тыс.–18 тыс. лет [10, 18]; основные же культурные слои датированы интервалом 14 тыс.–11 тыс. лет [11]. Предположительно, основа-

ли такую группу поселений через несколько сотен или тысяч лет после начала похолодания люди, мигрировавшие с севера. К сожалению, сопоставление артефактов, найденных в позднекаргинских стоянках Северной Якутии, с дюктайскими не позволяет проследить однозначную генетическую связь, поскольку материальная культура древних людей адаптирована к конкретным местам (ландшафтам) обитания.

Иначе складывалась ситуация восточнее Верхоянского хребта. Первые признаки надвигающегося похолодания пришли с запада, для обитателей Янской стоянки как раз с Верхоянского хребта и близлежащих областей, где развивалось оледенение и активизировались мерзлотные процессы [16, 19]. Однако оледенение почти не затронуло равнины [17]. Главной причиной, побудившей людей к миграции, стало, по-видимому, резкое похолодание с активизацией мерзлотных процессов примерно 28 тыс.–27 тыс. лет назад, что отмечено, в частности, в результате комплексного анализа осадочных отложений в дельте р. Лена [16]. Можно высказать предположение, что Верхоянский хребет и пространство между ним и Новосибирскими островами (присоединившимися вскоре к матерiku) стало своеобразным порогом, который не смогли преодолеть ни травоядные животные, ни люди. Восточнее этого порога и севернее отрогов хр. Черского (которые подверглись горно-долинному оледенению, т.е. без выхода ледников за пределы гор) стали формироваться криоаридные пустыни (см. рис.). Человеку остался единственный выход из создавшейся критической ситуации – на восток. И вынужденное перемещение в сторону Северной Америки было, вероятнее всего, стремительным, синхронным с миграцией крупных травоядных животных. Путь древних людей (в частности, обитателей Янской стоянки) пролегал в широтном коридоре 66–72° с.ш. В условиях продолжающегося похолодания и одновременной деградации растительности человек не мог задерживаться где-либо надолго. Длительность перехода от низовьев р. Яна до Берингии или Западной Аляски могла исчисляться сотнями лет. Считается, что Берингийский «мост» сформировался около 30 тыс. лет назад [20], хотя по этому вопросу нет единого мнения. Максимальная же фаза сартанского оледенения пришлась на период 23 тыс.–18 тыс. лет. Разумеется, надо помнить, что и нижняя, и верхняя границы фаз в этом регионе определены нечетко. Итак, 27 тыс.–23 тыс. лет назад сложились относительно благоприятные условия для проникновения древних людей в более теплую и, по-видимому, более богатую пищевыми ресурсами Аляску. Последние находки североамериканских археологов не противоречат этой дате и указывают на существование в Северной Америке культуры, предшествующей Кловис, т.е. не менее 14 тыс. лет [21, 22].

Была ли у «янского человека» какая-либо альтернатива? Скорее всего, нет. Вариант продвижения вверх по р. Яна с выходом в бассейн р. Алдан кажется маловероятным. После 31 тыс.–32 тыс. лет следующее появление человека в Северо-Восточной Сибири (за исключением Янской стоянки) отмечено с высокой степенью достоверности уже после завершения сартанского времени – около 17 тыс. лет назад [23].

Вероятные «обратные» миграционные волны и их историческое значение. В описанной выше схеме расселения позднепалеолитического человека прослеживаются две ветви, основанные, предположительно, на следующих двух географических стратегиях выживания и развития: 1) заселение новых неосвоенных территорий по причине невозможности или хотя бы неудобства жить на уже освоенных и 2) вынужденное возвращение на старые, ранее освоенные территории (которые к данному моменту могли быть заняты). Главная причина, побуждающая к миграциям, это пищевые ресурсы. Позднепалеолитический человек уже мог адаптироваться к суровому климату. Освоение Аляски и впоследствии всей Америки – первая стратегия, Дюктайские стоянки – скорее всего, вторая. Следует заметить, что дюктайские пещеры расположены в предгорьях, на юго-восточной окраине обширной равнины. Основная концентрация травоядных животных наблюдалась, видимо, тоже здесь, т.е. мамонты и другие менее крупные животные попали в ту же ловушку, что и человек. Во время сартанского похолодания предгорья опять сыграли фокусирующую роль рефугиума и одновременно роль геоморфоклиматической ловушки, так как выхода

на территории с более теплым климатом из нее не было. Стоянки на Среднем и Нижнем Алдане и на Средней Лене, датированные началом сартанского времени, свидетельствуют об отходе человека на юг [24].

Заключение и выводы

Предлагаемая статья является реконструкцией вероятных перемещений верхнепалеолитических людей на территории Северо-Восточной Сибири вплоть до Аляски на основе анализа естественных ограничений, налагаемых рельефом, т.е. вписанных в оротографические барьеры и пределы, и климатом. Появление людей на Аляске в начальной фазе сартанского похолодания было предопределено совместным действием климатического и орографического факторов. Позже вблизи сартанского климатического минимума такое событие было гораздо менее вероятным. Главной побудительной причиной миграций стало, скорее всего, похолодание с последующим изменением ландшафтов и обеднением кормовой базы для млекопитающих, а не наступление ледников, которое случилось немного позже и не охватывало больших площадей на равнинах. Одновременно с проникновением человека в Северную Америку те люди, что обитали в Северной и Центральной Якутии, но западнее Верхоянского хребта, вынуждены были обосноваться в убежищах на юге Якутии, напоминающих южносибирские, только на этот раз рефугиумы располагались в областях с более суровым климатом по сравнению с южносибирским. Материальная культура верхнего палеолита далеко не всегда позволяет однозначно проследить «генетические» линии в процессе разнонаправленных миграций, поскольку она адаптирована к конкретным местным климатическим, ландшафтным и геологическим условиям. По этой причине мы не можем точно определить, откуда пришли люди, основавшие Дюктайскую группу стоянок (а эти стоянки возникли уже после начала сартанского похолодания). Очевидного сходства между материальными культурами дюктайских людей и янских, вероятно, не существует, поскольку эти группы людей не пересекались, скорее всего, с середины каргинского времени. Можно предположить, что такое событие как «обратная миграционная волна» с последующим воссоединением культур, сохранивших некоторые черты родства, в некоторых случаях способно дать своеобразный эволюционный толчок.

Благодарности. Работа выполнена по теме государственного задания «Естественная и антропогенная динамика, трансформация и эволюция разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне «суша–океан» в условиях возрастания природных и техногенных рисков; разработка методов и геоинформационных технологий их мониторинга и моделирования» (125021302113-3).

Acknowledgments. The work was carried out on the topic of the state assignment “Natural and anthropogenic dynamics, transformation and evolution of different-rank geosystems and their components in the transition zone “land-ocean” in the context of increasing natural and man-made risks; development of methods and geoinformation technologies for their monitoring and modeling” (125021302113-3).

Литература

1. Борзенков В.Г. Философия науки. На пути к единству науки. М.: КДУ, 2008. 330 с.
2. Тимофеев Д.А. Пути разработки проблемы взаимодействия геосфер: размышления и предложения геоморфолога // Изв. РАН. Сер. геогр. 1999. № 4. С. 14–21.
3. Бердникова Н.Е., Бердников И.М., Воробьева Г.А., Липнина Е.А. Средний и поздний этапы верхнего палеолита Байкало-Енисейской Сибири: Хронология и общая характеристика // Изв. Иркутского гос. ун-та. Сер. Геоархеология. Этнология. Антропология. 2021. Т. 38. С. 59–77.
4. История Сибири с древнейших времен до наших дней. Древняя Сибирь / ред. А.П. Окладников. Т. 1. Л.: Наука, 1968. 527 с.
5. Деревянко А.П. Переход от среднего к верхнему палеолиту на Алтае // Археология, этнография и антропология Евразии. 2001. № 3. С. 70–103.

6. Деревянко А.П. Три сценария перехода от среднего к верхнему палеолиту. Сценарий первый: переход к верхнему палеолиту на территории Северной Азии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2010. № 3. С. 2–32.
7. Лаухин С.А., Фирсов А.М. Палеоклиматические и палеоландшафтные возможности заселения равнин и плоскогорий Северной Азии к северу от Южного горного пояса Сибири // Археология, этнография и антропология Евразии. 2010. № 1 (12). С. 216–225.
8. Галанин А.А. Каргинский (МИС 3) возраст последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии // Изв. Российской академии наук. Сер. геогр. 2012. Т. 3. С. 81–93.
9. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья (проблемы эволюции и классификации почв) Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2010. 205 с.
10. Кузьмин Я.В. Соотношение динамики заселения Сибири и изменений климата 45–10 тысяч лет назад // Путь на Север. М.: ИГ РАН, 2008. С. 200–209.
11. Археология СССР. Палеолит СССР. М.: Наука, 1984. 383 с.
12. Рыбин Е.П., Мещерин М.Н. Некоторые вопросы хронологии и периодизации палеолита Северного Приангарья (по материалам исследований стоянок Колпаков Ручей и Усть-Кова) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2017. Т. 23. С. 194–197.
13. Акимова Е.В. Палеолитическая стоянка Усть-Кова: дискуссионные вопросы изучения // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. 2019. Т. 25. С. 14–18.
14. Zimov S.A., Zimov N.S., Tikhonov A.N., Chapin F.S. Mammoth steppe: A high-productivity phenomenon // Quaternary Science Reviews. 2012. Vol. 57. P. 26–45
15. Питулько В.В., Павлова Е.Ю., Никольский П.А., Иванова В.В. Янская стоянка: материальная культура и символическая деятельность верхнепалеолитического населения Сибирской Арктики // Российский археологический ежегодник. 2012. № 2. С. 33–102.
16. Schirmer L., Siegert C., Kuznetsova T., Kuzmina S., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Bobrov A. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia // Quaternary International. 2002. Vol. 89-1. P. 97–118. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618201000830> (дата обращения: 28.11.2024)
17. Лукьянычева М.С., Аржанников С.Г., Аржанникова А.В., Чеботарев А.А., Торговкин Н.В., Семиколенных Д.В. Новые данные о хронологии плейстоценового оледенения хребта Черского // Исследования природы и общества в условиях глобальных трансформаций: Материалы XV Всерос. молодежной науч. школы-конференции «МЕРИДИАН». М.: ИГ РАН, 2023. С. 146–148.
18. Питулько В.В., Павлова Е.Ю. Геоархеология и радиоуглеродная хронология каменного века Северо-Восточной Азии. СПб.: Наука, 2010. 264 с.
19. Карта «Физико-географические зоны в эпоху максимума последнего оледенения (20 000–18 000 лет назад)». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/chetvertichnyj-period-plejstocen-800-000-10-300-let-nazad> (дата обращения: 20.03.2024).
20. Hu A.X., Meehl G.A., Otto-Bliesner B.L., Waelbroeck C., Han W.Q., Loutre M.F., Lambeck K., Mitrovica J.X., Rosenbloom N. Influence of Bering Strait flow and North Atlantic circulation on glacial sea-level changes // Nature Geoscience. 2010. N 3. P. 118–121.
21. Bourgeon L., Burke A., Higham T. Earliest Human Presence in North America Dated to the Last Glacial Maximum: New Radiocarbon Dates from Bluefish Caves, Canada. PLoS ONE 12(1): e0169486. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169486> (дата обращения: 20.03.2024).
22. Hubbe M., Neves W.A., Harvati K. Testing Evolutionary and Dispersion Scenarios for the Settlement of the New World. PLoS ONE 5(6): e11105. 2010. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011105>. (дата обращения: 20.03.2024).
23. Кузьмин Я.В., Дикова М.А. Хронология позднелепесточеновых археологических памятников Северо-Восточной Сибири: состояние вопроса (2014 г.) // Российский археологический ежегодник. 2014. № 4. С. 8–22.
24. Костокевич В.В., Иванов И.Е., Нестеренко С.А. Список радиоуглеродных дат лаборатории геохимии Института мерзлотоведения СО АН СССР. Сообщение V. 1980. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/spisok-radiouglerodnyh-dat-laboratorii-geohimii-institut-merzlotovedeniya-so-an-sssr-soobschenie-v/viewer> (дата обращения: 20.03.2024).

References

1. Borzenkov, V.G. Philosophy of Science. On the way to the unity of science. KDU: Moscow, Russia, 2008; 330 p. (In Russian)
2. Timofeev, D.A. Ways to Develop the Problem of Interaction of Geospheres: Reflections and Proposals of a Geomorphologist. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 1999, 4, 14–21. (In Russian)
3. Berdnikova, N.E.; Berdnikov, I.M.; Vorobieva, G.A.; Lipnina, E.A. Middle and late stages of the Upper Paleolithic of Baikal-Yenisei Siberia: Chronology and general characteristics. *Bulletin of Irkutsk State Univ., Geoarchaeology, Ethnology and Anthropology Series*. 2021, 38, 59–77. (In Russian)

4. History of Siberia from ancient times to present days. Ancient Siberia. Ed. by A.P. Okladnikov. Vol. 1. Nauka, Leningrad, Russia, 1968; 527 p. (In Russian)
5. Derevyanko, A.P. Transition from the Middle to Upper Paleolithic in Altai. *Archeology, ethnography and anthropology of Eurasia*. 2001, 3, 70-103. (In Russian)
6. Derevyanko, A.P. Three scenarios for the transition from the Middle to Upper Paleolithic. Scenario one: transition to the Upper Paleolithic on the territory of Northern Asia. *Archeology, ethnography and anthropology of Eurasia*. 2010, 3, 2-32. (In Russian)
7. Laukhin, S.A.; Firsov, A.M. Paleoclimatic and paleolandscape possibilities for the settlement of the plains and plateaus of Northern Asia north of the Southern Mountain belt of Siberia. *Archeology, ethnography and anthropology of Eurasia*. 2010, 1(12), 216-225. (In Russian)
8. Galanin, A.A. Karginsky (MIS 3) age of the last glacial maximum in northeast Asia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2012, 3, 81-93. (In Russian)
9. Vorobieva, G.A. Soil as a chronicle of natural events in the Baikal region (problems of evolution and classification of soils). Publ. house of Irkutsk State Univ.: Irkutsk, Russia, 2010; 205 p. (In Russian)
10. Kuzmin, Ya.V. The relationship between the dynamics of Siberian settlement and climate change 45-10 thousand years ago. *Way to the North*. Institute of Geography of RAS: Moscow, Russia, 2008, 200-209. (In Russian)
11. Archeology of the USSR. Paleolithic of the USSR. Nauka: Moscow, Russia, 1984; 383 p. (In Russian)
12. Rybin, E.P.; Meshcherin, M.N. Some questions of the chronology and periodization of the Paleolithic of the Northern Angara region (based on materials from studies of the sites of Kolpakov Ruchey and Ust-Kova). *Problems of archeology, ethnography, anthropology of Siberia and adjacent territories*. 2017, vol. XXIII, 194-197. (In Russian)
13. Akimova, E.V. Paleolithic site of Ust-Kova: Controversial research problems. *Problems of archeology, ethnography, anthropology of Siberia and adjacent territories*. 2019, vol. XXV, 14-18. (In Russian)
14. Zimov, S.A.; Zimov, N.S.; Tikhonov, A.N.; Chapin, F.S. Mammoth steppe: A high-productivity phenomenon. *Quaternary Science Reviews*. 2012, 57, 26-45.
15. Pitulko, V.V.; Pavlova, E.Yu.; Nikolsky, P.A.; Ivanova, V.V. Yanskaya site: material culture and symbolic activity of the Upper Paleolithic population of the Siberian Arctic. *Russian Archaeological Yearbook*. 2012, 2, 33-102. (In Russian)
16. Schirrmeiste, L.; Siebert, C.; Kuznetsova, T.; Kuzmina, S.; Andreev, A.; Kienast, F.; Meyer H.; Bobrov A. Paleoenvironmental and paleoclimatic records from permafrost deposits in the Arctic region of Northern Siberia. *Quaternary International*. 2002, 89(1), 97-118. Available online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1040618201000830> (accepted on 28 November 2024).
17. Lukiyancheva, M.S.; Arjannikov, S.G.; Arjannikova, A.V.; Chebotariov, A.A.; Torgovkin, N.V.; Semikolenykh, D.V. New data on the chronology of the Pleistocene glaciation of the Chersky Ridge. In: *Proceedings of XV All-Russian Youth Scientific School-conference "Meridian" "Research on nature and society in the context of global transformations"*. Institute of Geography of RAS: Moscow, Russia, 2023, 146-148. (In Russian)
18. Pitulko, V.V.; Pavlova, E.Yu. Geoarchaeology and radiocarbon chronology of the Stone Age of Northeast Asia. Nauka: St. Petersburg, Russia, 2010; 264 p. (In Russian)
19. Map "Physico-geographical zones during the period of maximum last glaciation (20 000-18 000 years ago)". Available online: <https://geographyofrussia.com/chetvertichnyj-period-plejstocen-800-000-10-300-let-nazad> (accepted on 20 March 2024)
20. Hu, A.X.; Meehl, G.A.; Otto-Bliesner, B.L.; Waelbroeck, C.; Han, W.Q.; Loutre, M.F.; Lambeck K.; Mitrovica J.X.; Rosenbloom N. 2010. Influence of Bering Strait flow and North Atlantic circulation on glacial sea-level changes. *Nature Geoscience*. 2010, 3, 118-121.
21. Bourgeon, L.; Burke, A.; Higham, T. Earliest Human Presence in North America Dated to the Last Glacial Maximum: New Radiocarbon Dates from Bluefish Caves, Canada. *PLoS ONE* 12(1): e0169486. 2017. Available online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169486> (accepted on 20 March 2024).
22. Hubbe, M.; Neves, W.A.; Harvati, K. Testing Evolutionary and Dispersion Scenarios for the Settlement of the New World. *PLoS ONE* 5(6): e11105. 2010. Available online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011105> (accepted on 20 March 2024).
23. Kuzmin, Ya.V.; Dikova, M.A. Chronology of Late Pleistocene archaeological sites of North-Eastern Siberia: state of the issue (2014). *Russian archaeological Yearbook*. 2014, 4, 8-22. (In Russian)
24. Kostyukevich, V.V.; Ivanov, I.E.; Nesterenko, S.A. List of radiocarbon dates from the Laboratory of Geochemistry of the Institute of Permafrost Science of the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR. 1980, message V. Available online: <https://cyberleninka.ru/article/n/spisok-radioulerodnyh-dat-laboratorii-geohimii-institutamerzlotovedeniya-so-an-sssr-soobschenie-v/viewer> (accepted on 20 March 2024). (In Russian)

Статья поступила в редакцию 3.04.2024; одобрена после рецензирования 12.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 3.04.2024; approved after reviewing 12.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научная статья

УДК

DOI:

Тихоокеанская география. 2024. № ... С.

Pacific Geography. 2024;(...):.....

Название статьи

Имя Отчество ФАМИЛИЯ¹, Имя Отчество ФАМИЛИЯ²

¹ Ученая степень, должность

Организация, город, страна

paper@e-mail.org, [https://orcid.org/.....](https://orcid.org/)

² Ученая степень, должность

Организация, город, страна

paper@e-mail.org, [https://orcid.org/.....](https://orcid.org/)

Аннотация. Одним параграфом объемом не менее 200 слов. В аннотации необходимо отразить основные результаты работы. Рекомендуется использовать слова: установлено, показано, уточнено, доказано, разработано и т.п. Методы исследования необходимо описывать в аннотации, если они несут в себе элементы новизны и имеют значение для развития исследований другими учеными. Не надо повторять название статьи. Ссылки на источники литературы в аннотации приводить нельзя. Можно использовать только общепринятые сокращения и условные обозначения. Обращаем внимание, что аннотация, как правило, является ключевым источником информации о научной статье.

Ключевые слова: ключевое слово1, ключевое слово2, ключевое слово3 (не более 5)

Для цитирования: Фамилия И.О.1, Фамилия И.О.2 Название статьи // Тихоокеанская география. 2024. № ... С. [https://doi.org/.....](https://doi.org/)

Original article

Title

First name LASTNAME¹, First name LASTNAME²

¹ Academic degree, position

Affiliation 1, city, country

paper@e-mail.org, [https://orcid.org/.....](https://orcid.org/)

² Academic degree, position

Affiliation 2, city/ country

paper@e-mail.org, [https://orcid.org/.....](https://orcid.org/)

Abstract. Аннотация на английском языке пишется одним параграфом, объем не менее 300 слов. Англоязычная аннотация является главным источником информации о содержании статьи для зарубежных коллег. Аннотация на английском языке должна быть информативной, оригинальной (не являться дословным переводом русскоязычной аннотации), отражать основное содержание статьи и результаты исследований, следовать логике описания результатов в статье, написана каче-

ственным английским языком. Не допускается использовать автоматические переводчики. Необходимо указывать актуальность, цель исследования, подробно описать основные результаты и выводы работы.

Keywords: keyword 1, keyword 2, keyword 3 (maximum 10)

For citation: First name Lastname¹, First name Lastname². Title.... Pacific Geography. 2024;(...):..... (In Russ.). <https://doi.org/.....>

Введение

Объем статьи не должен превышать **10 страниц** (шрифт Times New Roman, 10, одинарный межстрочный интервал), включая аннотацию, рисунки, таблицы и список литературы.

Единицы физических величин приводятся по системе СИ. В десятичных дробях употребляются точка – 18.3. Буква «ё» используется только в географических названиях и собственных именах.

Источники в списке литературы располагаются по мере упоминания в тексте. В тексте ссылки на использованную литературу приводятся в квадратных скобках – [2], [3–5], [3, 6]. Обязательно указывать всех соавторов и редакторов. Литература представляется на русском и английском языках. Пример оформления литературы приведен в конце документа.

Материалы и методы

Все использованные материалы и методы в статье должны быть подробно описаны в этом разделе. Обязательно проставлять ссылки на использованные источники информации.

Результаты и их обсуждение

Все рисунки и таблицы должны быть помещены в текст статьи. Максимум разрешается размещать в статье 3 рисунка: 1 цветной, 2 черно-белых. Рисунки также представляются вместе со статьей ОТДЕЛЬНЫМИ файлами в формате JPG разрешением не менее 600 dpi.

Ссылки на рисунки выполняются в формате «(рис. 1)», если рисунок один – «(см. рис.)», на таблицы – в формате «(табл. 1)», если таблица одна – «(см. табл.)». Названия всех рисунков и таблиц должны быть продублированы на английском языке. Пример оформления:

Таблица 1

Пример оформления таблицы. Таблица должна быть размещена сразу после первого упоминания в тексте. Не допускается наличие пустых ячеек.

Table 1. The title of the table in English

№	Столбец 1	Столбец 2
Строка 1	данные	данные
Строка 2	данные	данные ¹
Строка 3	-	данные

¹ Сноски помещаются сразу после таблицы

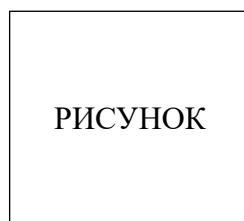


Рис. 1. Рисунок располагается в тексте при первом упоминании. Максимум разрешается размещать в статье 3 рисунка: 1 цветной, 2 черно-белых. Рисунки также представляются вместе со статьей в формате JPG разрешением не менее 600 dpi.

Fig. 1. The title of the figure in English

Пример оформления формул:

$$a = 8b, \quad (1)$$

Заключение и выводы

Не допускается писать данный раздел простым нумерованным списком.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке/в рамках госзадания или проекта (гранта, программы, договора) № 00-00-00.

Acknowledgments.

Литература

1. Адрианов А.В. Стратегия и методология изучения морского биоразнообразия // *Биология моря*. 2004. Т. 30, № 2. С. 91–95.
2. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Специфика формирования буроземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // *Вестн. ДВО РАН*. 2013. № 5. С. 87–96.
3. Исаченко А.Г. *Ландшафты СССР*. Л.: Изд-во Ленингр. ин-та, 1985. 320 с.
4. Арзамасцев И.С., Преображенский Б. В. *Атлас подводных ландшафтов Японского моря*. М.: Наука, 1990. 222 с.
5. Колесников Б.П. *Растительность // Дальний Восток: Физико-географическая характеристика*. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 182–245.
6. Распоряжение от 30 мая 2017 г. № 1134-р. // Правительство Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/HYZCbJ8l6A7jC4UErg2A6Dt2aVufpxJN.pdf> (Дата обращения: 11.03.2019).
7. Иванов Р.М., Петров А.М. Развитие Дальнего Востока // *Электронный журнал*. – 2018. № 4. С. 8–10 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://el.science.ru/ttb/2018-4> (Дата обращения 07.11.2018).

References

1. Adrianov, A.V. Strategy and Methodology of the Study of Marine Biological Diversity. *Russian Journal of Marine Biology*. 2004, 30(2). 17–21. (In Russian)
2. Pshenichnikov, B.F.; Pshenichnikova, N.F. Specificity of the Formation of Burozems on the Islands of Peter the Great Bay (South of the Far East). *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2013, 5, 87–96. (In Russian)
3. Isachenko, A.G. Landscapes of the USSR. Leningrad University: Leningrad, Russia, 1985; 320 p. (In Russian)
4. Arzamastsev, I.S.; Preobrazhensky, B.V. Atlas of Underwater Landscapes of Sea of Japan. Nauka: Moscow, Russia, 1990; 222 p. (In Russian)
5. Kolesnikov, B.P. Vegetation. In *Far East: Physical and Geographical Characteristics*; Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR: Moscow, Russia, 1961, 182–245 (In Russian)
6. Government of the Russian Federation. Order of May 30, 2017 No. 1134-p. Available online: <http://static.government.ru/media/files/HYZCbJ8l6A7jC4UErg2A6Dt2aVufpxJN.pdf> (accessed on 11 March 2019). (In Russian)
7. Ivanov, R.M.; Petrov, A.M. Development of the Far East. *Digital Journal*. 2018, 4, 8-10. Available online: <http://el.science.ru/ttb/2018-4> (accessed on 7 November 2018). (In Russian)

Адрес редакции:

690041 Владивосток, ул. Радио, 7, каб. 215
тел. +7 (423) 232-06-46
E-mail: pac_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 28.03.2025 г.

Формат 70 × 108/16

Усл. печ. л. 9,3

Уч.-изд. л. 9,01

Тираж 100 экз. Заказ 2

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.